tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 61 nr.3 1996

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Correspondentie-adres: Postbus 39,2260 AA Leidschendam.
Gironummer 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

Het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap (NERG) is een wetenschappelijke vereniging, gericht op elektronica, telecommunicatie en informatieverwerking.
Het doel van het NERG is om het wetenschappelijk onderzoek op deze gebieden te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

BESTUUR

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich via het correspondentie-adres tot de secretaris.. Het lidmaatschap van het NERG staat open voor academisch gegradueerden en anderen die door hun kennis en ervaring bij kunnen dragen aan het genootschap. De jaarlijkse contributie bedraagt voor gewone leden *f* 75,- en voor junior leden *f* 39,-. Bij automatische incasso wordt *f* 3,- korting verleend.
Gevorderde 1e fase studenten en 2e fase studenten komen in aanmerking voor het junior lidmaatschap en kunnen daartoe contact opnemen met de contactpersoon op hun universiteit.
In bepaalde gevallen kunnen ook andere leden, na overleg met de penningmeester, voor een gereduceerde contributie in aanmerking komen.
De contributie is inclusief abonnement op het Tijdschrift van het NERG en deelname aan vergaderingen, lezingen en excursies.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt gemiddeld vijf maal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en de telecommunicatie. Auteurs, die publicatie van hun onderzoek in het tijdschrift overwegen, wordt verzocht vroegtijdig contact op te nemen met de hoofdredacteur of een lid van de redactiecommissie.

Het jaarabonnement van het tijdschrift bedraagt *f* 75,-

REDACTIECOMMISSIE

ISSN 03743853

UIT HET NERG

LET OP: BELANGRIJK NERG NIEUWS

OVEREENKOMST MET IEEE



Prof.Ir. J.H. Geels
voorzitter NERG

Summary

As announced in the General Assembly, the NERG Board is pleased to notify that the "Agreement of International Cooperation" between the NERG and the international "Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)" is completed in the month of July 1996. As to improve the service to the members, the agreement treats topics as Guest Membership, Conferences, Meetings, Publications, Student Activities, Membership Development and Membership Dues; it has a fix duration of three years from 1997 to 1999 and can be renewed by then.
The agreement is the result of fraternal negociations with representatives of the IEEE Benelux Section and finally with the IEEE Executive Director and the IEEE President 1996

Het internationale "Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)" (U.S.A.) is een oorspronkelijk Amerikaanse, thans een wereldwijde, zeer grote organisatie van elektrotechnische ingenieurs. Het Nederlandse IEEE-lid heeft te maken met de IEEE Benelux Section van IEEE Region 8 en zijn vakgerichte 'Chapters'. IEEE heeft een grote reputatie op het gebied van de bevordering van elektrotechnische wetenschap en vakmanschap, in de volle breedte van deze discipline. Het vakgebied is onderverdeeld in sectoren die worden beheerd door Societies, die tijdschriften van zeer hoge kwaliteit uitgeven en vooraanstaande internationale conferenties organiseren. De sterkste kant van IEEE in Nederland vormen die tijdschriften en conferenties in ons vakgebied. De sterkste kant van het NERG zijn de werkvergaderingen, het tutoriale tijdschrift en het lokale netwerk. Veel NERG-leden hebben ervaren dat de combinatie van de diensten van IEEE en NERG een zeer goede steun biedt bij het up-to-date houden van hun kennis. De uitnodiging van de President van IEEE om van gedachten te wisselen over een mogelijke overeenkomst omtrent internationale samenwerking tussen NERG en IEEE heeft het bestuur daarom gaarne aanvaard.
In de Algemene Ledenvergadering van maart jl. en tijdens werkvergaderingen werd reeds melding gemaakt van de lopende onderhandelingen, waarbij de verwachting werd uitgesproken dat het in goede sfeer en met voortvarendheid gevoerd overleg tot hoopvolle resultaten zou leiden ter verruiming van het dienstbetoon aan onze leden. Het opstellen van de concept-overeenkomst werd vergemakkelijkt door bestaande voorbeelden en modellen, die naar het gemeenschappelijk inzicht van beide partijen werden aangepast en ingevuld. Gesproken werd met twee daartoe gemachtigde vertegenwoordigers van de Benelux Sectie van IEEE: ir. J. Noordanus en prof.dr.ir. J.H. Peek, die wij van harte willen danken voor hun goede inzet voor deze zaak. Tenslotte werd op grond van de commentaren van Mr. T.W. Hissey, de IEEE Executive Director, en Dr. W. Read, de IEEE president 1996, de tekst voor beide partijen aanvaardbaar gewijzigd. Dankzij de telefoon en telefax verliep dit transatlantische overleg vlot en doeltreffend.

Het bestuur heeft nu het genoegen aan de leden bekend te maken dat een overeenkomst van internationale samenwerking van NERG met IEEE in de maand juli 1996 door beide partijen is ondertekend. De overeenkomst zal per 1 januari 1997 van kracht worden voor een periode van drie

jaar en kan daarna met instemming van beide partijen worden verlengd.

Wat gaat er veranderen? Veel van wat nu omschreven is, gebeurde reeds op informele basis. Een nieuw aspect van de overeenkomst is dat het dubbellidmaatschap de status van gecombineerd lidmaatschap krijgt. Verwacht wordt dat daardoor het NERG-lidmaatschap voor de IEEE-leden in ons vakgebied aantrekkelijker wordt en ook omgekeerd: het IEEE-lidmaatschap voor de NERG-leden.

Welke voordelen kunnen NERG-leden aan deze overeenkomst ontlenen? De tekst van de 'agreement' is op een hoog abstractie-niveau opgesteld. Daarbij zijn er gedachten ontwikkeld over de meer concrete invulling. Hier volgt een korte samenvatting van de voordelen voor de leden.

Gastlidmaatschap:

een NERG-lid dat minder dan een jaar verblijft in het buitenland, alwaar IEEE een Section heeft, mag op introductie door het NERG deelnemen aan diverse activiteiten onder dezelfde voorwaarden als de gastvrijheid verlenende IEEE Section stelt voor de eigen leden.

Conferenties:

bij de co-sponsoring van in Nederland te houden (inter)nationale conferenties en tentoonstellingen kan er bij de financiële en organisatorische regelingen voor worden gezorgd dat er bij de functiebezetting, inschrijving en reducties geen onderscheid wordt gemaakt tussen NERG- en IEEE-leden.

Werkvergaderingen:

door vergroting van het aantal gezamenlijke werkvergaderingen krijgt het NERG-lid een ruimere toegang tot de werkvergaderingen (lectures series) van IEEE Benelux dan tot dusver; ter besparing van kosten krijgen dubbelleden voortaan één in plaats van twee uitnodigingen.

Publicaties:

NERG-leden kunnen in Het Tijdschrift van het NERG kennisnemen van de aankondigingen van IEEE Benelux of van IEEE artikelen van algemeen belang.

Studentenactiviteiten:

junior-leden van het NERG genieten alle voordelen van deze overeenkomst en kunnen profiteren van de steun die NERG en IEEE Benelux verlenen aan de lokale 'Student Branches' in Nederland.

Lidmaatschap:

elk in Nederland wonend NERG-lid is toelaatbaar tot het lidmaatschap van IEEE, hetzij op eigen titel, hetzij op voordracht van NERG en/of IEEE Benelux.

Contributie:

een NERG-lid dat tevens lid is van IEEE kan jaarlijks een korting van 10% op zijn basis-contributie krijgen, zowel bij NERG als bij IEEE (Basic Dues + Region 8 Assessment); er wordt dus geen korting verleend op de IEEE Society Enrollments en op de Subscriptions voor IEEE-tijdschriften en andere publicaties.

Een apart probleem voor de penningmeesters vormt de constatering van het gecombineerd lidmaatschap. Met als ingangen 'naam, adres, postcode, woonplaats' kan dat door vergelijking van de ledenbestanden slechts moeizaam en onvoldoende zeker worden gedaan. Oorzaken: de opzet van de IEEE- en de NERG-administratie wijkt af en de cultuur verschilt. Zoals in ledenadministraties tegenwoordig gebruikelijke is, zal ook het NERG binnenkort aan zijn leden een uniek nummer moeten gaan toekennen en aan hen bekendmaken (b.v. op adreslabels). Als een NERG-lid zijn lidmaatschapsnummer van IEEE doorgeeft aan de NERG-administratie, dan wordt de korting na verificatie met terugwerkende kracht verleend. Nadere richtlijnen hieromtrent zullen binnenkort volgen.

Prof.dr. P. Jespers, Chairman of the IEEE Benelux Section, schrijft ons: "I am looking forward to the tightening and increased cooperation between NERG and the IEEE". Wij sluiten ons hierbij van harte aan.

Agreement of International Cooperation

between

NEDERLANDS ELEKTRONICA EN RADIO GENOOTSCHAP (NERG)
of Leidschendam, Netherlands

and

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. (IEEE)
of New York, USA.

To encourage the exchange of technical information and to promote understanding between the members of the Nederlands Elektronica en Radio Genootschap (founded in 1920 at Amsterdam) and The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. the two organizations herein enter into this Agreement of International Cooperation in the following matters:

1. GUEST MEMBERSHIP

A. Privileges

Whenever a personal member of the NERG visits outside The Netherlands where IEEE has a Section or a personal member of the IEEE visits The Netherlands for a period not exceeding one year, he/she shall be given the opportunity of availing himself/herself of the facilities, services and programs of the other institution.
Included are:
- the use of the libraries (if existing);
- the right to attend conferences, symposia and other educational activities;
- the right to participate in locally organized events such as lectures and excursions;

under the same conditions as those granted to members of the host institution.

B. Procedure

To arrange for a guest membership for an individual, the member's home institution will submit a written request to the host institution at least three months prior to the scheduled arrival of the guest. Upon arrival, the guest member will present the host institution with a letter of introduction or a membership card, for identification purposes. The host institution will then register the guest member as a member of the geographic entity where the guest will reside.

2. CONFERENCES

A. Privileges

The NERG and the Benelux Section of IEEE intend to cosponsor (inter)national conferences and exhibitions in the Netherlands by participation in local organizing committees and/or by allowing loans.

B. Procedure

In the case of jointly sponsored conferences, all financial and organizational details of the cooperation are to be agreed to in advance, depending on each case.

3. MEETINGS

A. Privileges

The NERG and the Benelux Section of IEEE will periodically exchange information on their programmes of meetings etc., at which occasion the possibilities of the organizing of joint meetings and exchange of lecturers will be examened.

B. Procedure

At least quarterly the programme managers of both institutions will have a consultation, during which all financial and organizational details of the cooperative meetings are to be agreed to in advance, depending on each case.

4. PUBLICATIONS

A. Privileges

As a means for joint membership promotion the NERG will provide space in 'Het Tijdschrift van het NERG' for announcements of the Section Benelux of IEEE or for papers of common interest.
With the same purpose the Benelux Section of IEEE will place announcements of the NERG in its own communications and, if appropriate, the IEEE Region 8 Newsletter.

B. Procedure

The Journal manager of the NERG will respond to the IEEE requests in an adequate way (if possible without charge), depending on each case. The Secretary of the Benelux Section of IEEE will equally respond on requests of the NERG.

5. STUDENT ACTIVITIES

A. Privileges

'Junior Members' of the NERG and 'Student Members' of the IEEE will be admitted to the Joint Student Membership of both organizations. Besides, the Joint Student Member will enjoy all privileges as mentioned in this Agreement.
The NERG and the Benelux Section of IEEE will support the activities of the local Student Branches in The Netherlands.

B. Procedure

In each Faculty of Electrical Engineering of the Universities in The Netherlands, the NERG and the Benelux Section of IEEE will appoint a joint member as a liaison between the individual students or the local Student Branch and the Boards of the NERG and the Benelux Section of IEEE.
The topics of this liaison are the membership development, the accompaniment of membership applications and the mediation of requests for activities support. The NERG and the Benelux Section of IEEE will contribute to the necessary budget for these activities, depending on each case.

6. MEMBERSHIP DEVELOPMENT

A. Privileges

The NERG and the Benelux Section of IEEE will cooperate in their membership development activities and programmes, in which the profiles of both institutes are presented and the advantages of the joint membership are shown in an attractive way.

B. Procedure

The NERG and the Benelux Section of IEEE will have a board member responsible for the portfolio of membership development and will contribute to the necessary budget for the agreed cooperative activities.
At least half-yearly these board members will have a consultation, during which the results of the activities and

programmes are reviewed and the way of continuation of the cooperation will be discussed and agreed.

7. MEMBERSHIP DUES

A. Privileges

To implement the cooperation between NERG and IEEE resulting from this agreement, each member of either institution, provided living in the Netherlands, is allowed to become member of both institutions.
The joint membership is encouraged by granting advantageous membership dues rates. For the first term of this agreement a ten percent (10%) discount of the basic membership dues will be allowed on the NERG dues and on the IEEE basic dues and Region 8 Assessment. An additional discount will be considered if justified by locally accomplished activities that reduce costs.
The discount does not apply to additional fees, such as IEEE Society enrollments or subscriptions to other IEEE publications which may be available during the term of this Agreement.

B. Procedure

A member of both institutions may communicate his/her unique IEEE membership number to the treasurer of the NERG and his/her unique NERG membership number to the treasurer of the Benelux Section of IEEE. Around the middle of each year the treasurers of both parties compare their lists of joint members, as to ensure that each person claiming a discount is really a member in good standing of both institutions. If so, the discount will be granted and can be settled with the payment of the dues of the next year. The IEEE members may claim their discount on the annual renewal form, mentioning the NERG membership number on the reductions line of it.

8. REVIEW, AMANDMENT AND TERMINATION

The Agreement has a fix duration of three years, from January 1, 1997 to December 31, 1999. Renewal is contingent upon approval by both institutions.

Amendments to the Agreement may be proposed at any time but will not be valid until they have been approved bij both institutions.

The Agreement may be terminated by either institution six months after having provided a written notice to the other institution.

For and on behalf of the NERG:	For and on behalf of the IEEE:
Prof.Ir. J.H. Geels	Mr. Walace S. Read
President	President
Ir. G.J. de Groot	Prof.dr. P. Jespers
Secretary General	Chairman Benelux Section IEEE
July the 1st, 1996	July the 19th, 1996
Date	Date

Optical routing in Broadband Fibre Communication Networks

prof. ir. A.M.J. Koonen

Bell Labs ,Lucent Technologies
P.O. Box 18, 1270 AA Huizen

CTIT, vakgroep TIOS, Univ. of Twente
P.O. Box 217, 7500 AE Enschede



Abstract

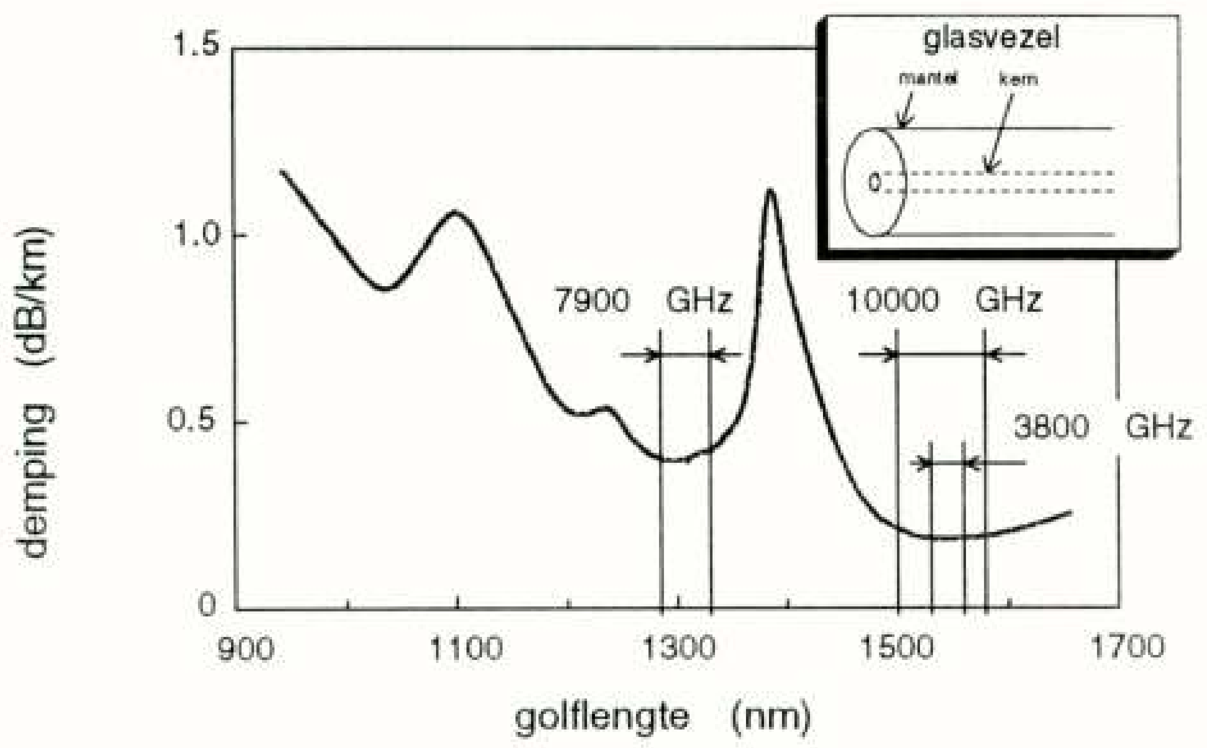
Optical fibre networks offer low-loss high-bandwidth communication routes. But even more important for broadband communication, they offer an extra dimension for information transfer, namely the wavelength.
In point-to-point links, a multiple of the single-wavelength capacity can be realised, or a variety of concurrent signals with different format (such as analog CATV along with high-speed data).
The impact on multi-access networks, however, is more profound. Electronic multi-access networks for data transfer are limited in their capacity due to collisions which may occur between data packets injected at the various terminal nodes. Also the electronic processing in the routing nodes forms a bottleneck. In data communication networks, sophisticated protocols are needed to overcome the collision problems; the inherent speed limitations of these protocols form another bottleneck. In optical fibre multi-access networks, however, multiple mutually independent transparant communication routes may be set up at different wavelengths. The wavelength-dimension offers an extra degree of freedom for data routing, besides the conventional dimensions of space and time. Thus the data collision problems can be significantly alleviated, as well as the protocol handling bottleneck. In short, multi-wavelength optical networking is a very promising technology for future broadband data communication networks.
An overview will be presented of the principles and techniques of multi-wavelength optical networking, and of a number of projects with various applications in the area of data communication and network reconfiguration, while touching upon the optical components needed for multi-wavelength routing and wavelength conversion.

1. Inleiding

De voor telecommunicatie toegepaste glasvezel bestaat uit twee delen: de mantel, en daarbinnen de kern. De mantel heeft een diameter van 125 μm, zo ongeveer de dikte van een mensenhaar. In de kern wordt het licht geleid. Deze kern heeft een afmeting van maar 8 μm voor een zogenaamde monomode vezel, tot 50 μm of meer voor multimode vezels. De demping is sterk afhankelijk van de golflengte van het gebruikte licht (zie figuur 1). Oorspronkelijk waren alleen lichtbronnen in het nabije infrarood beschikbaar, rond een golflengte van 830 nm, waar de demping zo'n 3 dB/km is. Door over te gaan op grotere golflengten, naar 1300 en later 1550 nm, is de demping verlaagd tot minder dan 0.2 dB/km. Wanneer de kernafmeting voldoende klein is, is bij deze grotere golflengten slechts één trillingsmodus van het licht mogelijk. In monomode vezels kunnen lichtpulsen zich daardoor tijdens hun voortplanting nauwelijks verbreden, zodat er zeer hoge bandbreedtes bereikt kunnen worden. In het gebied rond een golflengte van 1300 nm is theoretisch een bandbreedte van ca. 8000 GHz beschikbaar, en in het 1500 nm gebied zelfs 10000 GHz, wat overeenkomt met een capaciteit van meer dan 100000 niet-gecomprimeerde digitale TV kanalen, of meer dan 150 miljoen telefoongesprekken!

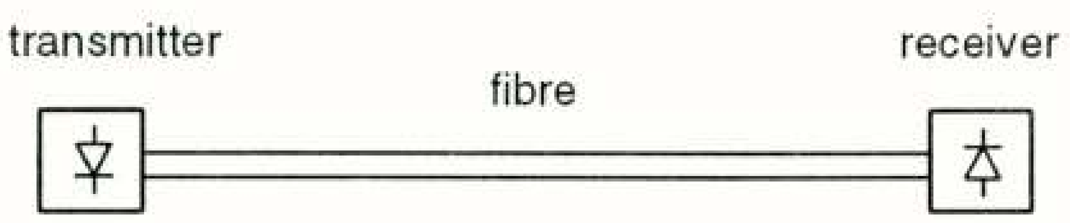
De glasvezel biedt veel voordelen boven het koperdraadpaar en de coaxiale kabel. Zij heeft niet alleen veel minder demping en een veel grotere bandbreedte,

maar is ook lichter in gewicht, dunner, en ongevoelig voor uitwendige storingsvelden. Bovendien is de grondstof voor de glasvezel kwarts, wat als zand ruimschoots in de wereld aanwezig is. Koper wordt daarentegen steeds schaarser en dus duurder. Door de geringe demping en pulsverbreding zijn in een lange glasvezelverbinding veel minder tussenversterkers nodig om het signaal te regenereren, wat ook de installatie en onderhoudskosten sterk verlaagt. In het lange-afstand net tussen telefooncentrales heeft de glasvezel de koperen coaxiale kabel dan ook al geheel verdrongen. In de nabije toekomst zal dit eveneens in de lokale netten gebeuren.



Figuur 1. *Demping en bandbreedte van een monomode glasvezel*

Wereldwijd groeit de omzet in glasvezelsystemen en -componenten hard, met meer dan 20% per jaar. In 1993 was deze markt goed voor ruim 5 miljard dollar, en voor 1998 wordt 14 miljard dollar voorspeld. De omzet in lokale netwerken groeit met 34% per jaar het sterkst, en overtrof in 1993 voor het eerst die in lange-afstand netwerken. Overigens vormen de glasvezelsystemen nog maar een klein deel van de totale wereldomzet van de informatie-industrie, die inclusief diensten in 1992 zo'n 900 miljard dollar bedroeg, en in 1996 naar verwachting de 1400 miljard dollar zal overschrijden!



Figuur 2 *Direkte-detektie glasvezeltransmissiesysteem*

2. Direkte-detektie glasvezeltransmissiesystemen

In zijn meest eenvoudige, punt-naar-punt, vorm bestaat een glasvezeltransmissieverbinding uit een optische zender, een glasvezelkabel en een optische ontvanger (zie figuur 2). In de optische zender wordt het aangeboden elektrische signaal door een laser diode (of LED) omgezet naar een lichtsignaal wat in intensiteit varieert. De glasvezel vervoert dit signaal over een flinke afstand naar de ontvanger, en daar vertaalt een fotodiode het weer terug naar het elektrische signaal.

De eerste veldproeven met zo'n direkte-detektie systeem werden in 1977 in Chicago gedaan, tussen drie kantoorgebouwen. In 1988 is de eerste optische transatlantische telefoonkabel in gebruik genomen, de TAT-8, met een overdrachtscapaciteit van tweemaal 280 Mbit/s, goed voor 40000 simultane telefoongesprekken (m.b.v. *Time Assignment Speech Interpolation*, het opvullen van stiltes in een gesprek met aktieve delen van andere gesprekken). Sinds een aantal jaren worden vrijwel alle lange-afstand verbindingen tussen telefooncentrales met direkte-detektie systemen uitgevoerd. De hoogste snelheden daarbij zijn 2.5 Gbit/s, waarin de datastromen gemultiplexed worden volgens de synchrone digitale hiërarchie. Er is in de afgelopen jaren een geweldige vooruitgang geboekt in de capaciteit van glasvezelsystemen. Gemiddeld is sinds 1980 het produkt van signaalsnelheid en te overbruggen afstand met 70% per jaar toegenomen. Inmiddels is met behulp van optische versterkers al 100 Gbit/s gedemonstreerd over 6300 km glasvezel!

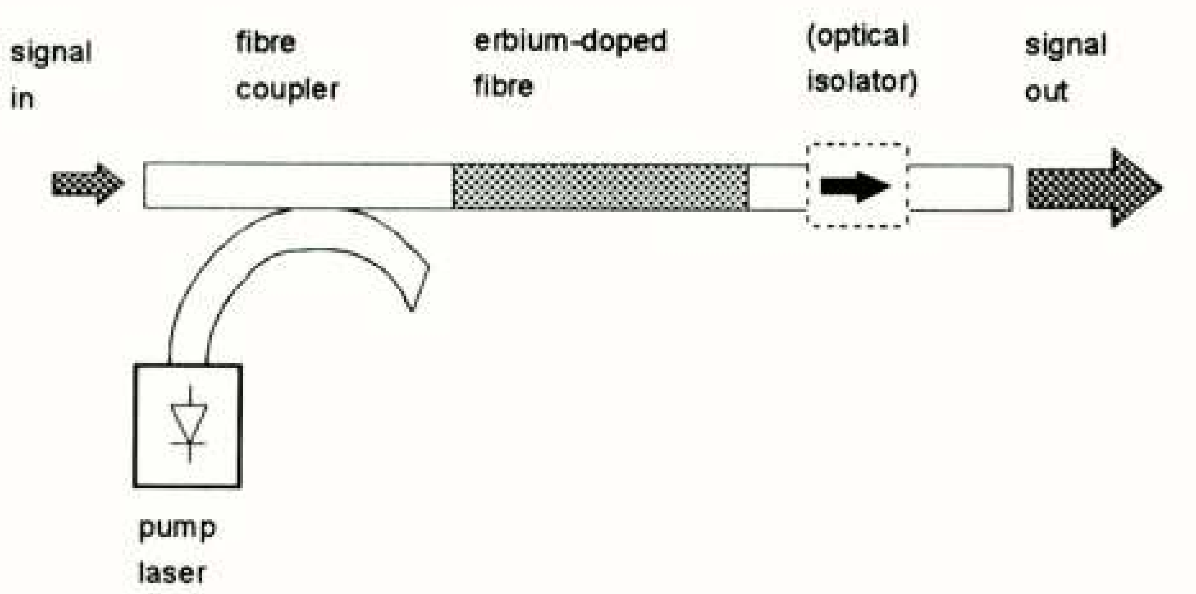
Ook in het lokale net zal de glasvezel gaan doordringen. In Nederland worden de komende jaren 128 gemeenten met glasvezel voorzien. In het oosten van Duitsland zouden volgens plan voor eind 1995 1.2 miljoen huishoudens op een gedeeltelijk glasvezelnet aangesloten zijn. Dit betekende een investering van maar liefst 65 miljard mark. In de Verenigde Staten en in Japan bestaan ambitieuze plannen om rond 2020 ieder huishouden aangesloten te hebben op een glasvezel.

Met de recent ontwikkelde zeer goed lineaire laser diodes is tevens voor analoge signalen de glasvezel sterk in opkomst. In kabeltelevisienetten zijn in de hogere netvlakken glasvezelsystemen al goedkoper en beter dan coaxiale kabelsystemen met hun grote aantallen tussenversterkers. Binnenkort zal ook voor kabeltelevisie de glasvezel verder doordringen naar het huis van de consument.

3. Optische versterkers

Het bereik van een glasvezelsysteem kan fors vergroot worden door optische versterkers in te zetten. Deze versterken de intensiteit van een optisch signaal

rechtstreeks, zonder het signaal eerst te converteren naar een elektrisch signaal. Daardoor zijn zij universeel bruikbaar, in zowel digitale als analoge systemen, van lage tot zeer hoge signaalfrekwenties.



Figuur 3. Erbium-gedoteerde glasvezelversterker

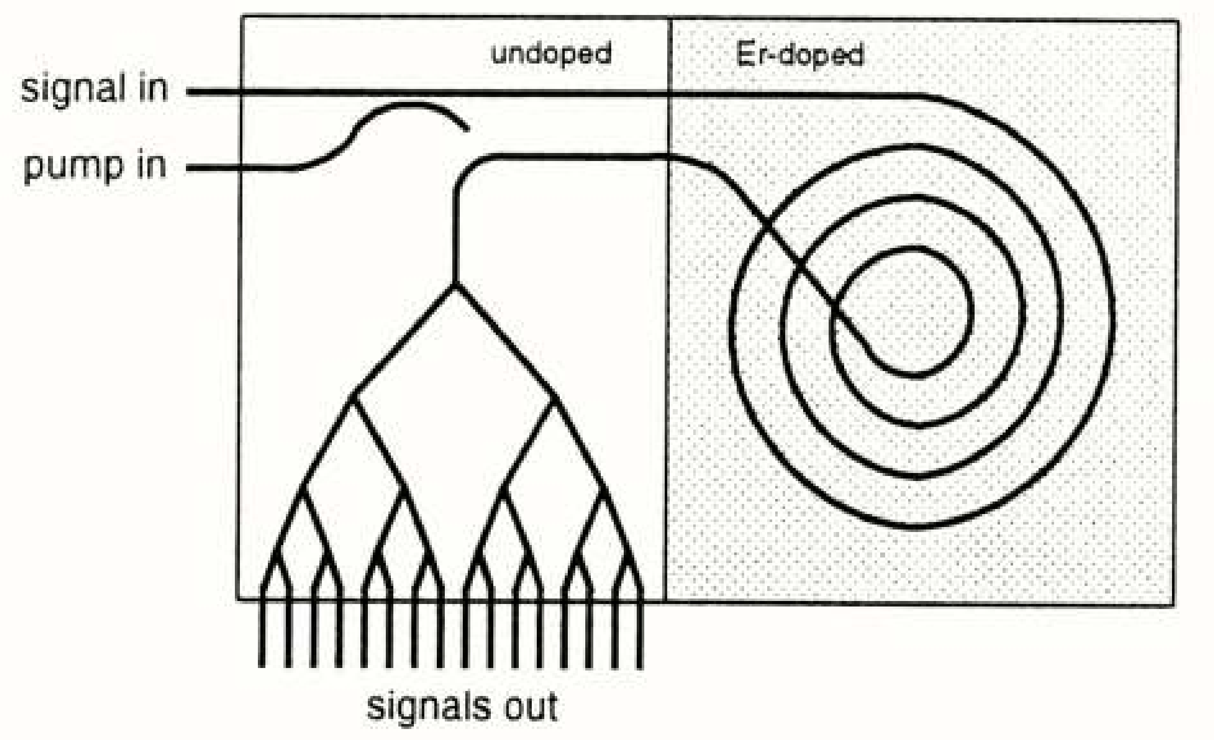
De erbium-gedoteerde glasvezelversterker maakt gebruik van de lichtversterkende eigenschappen van het zeldzame materiaal erbium, ondergebracht in een glasvezel (zie Figuur 3). Dit is een vrijwel perfekte versterker: hij is simpel van opbouw, heeft een breed werkvenster van zo'n 30 nm in het 1550 nm gebied, een hoog uitgangsvermogen, een laag ruisgetal en lage koppelverliezen. Hoewel hij pas een paar jaar geleden in de researchlaboratoria ontdekt is, wordt hij nu al door vele fabrikanten op de markt gebracht.
In juni 1993 is de erbium-gedoteerde glasvezelversterker voor het eerst toegepast in een operationele verbinding, met 1.7 Gbit/s verkeer, in Californië. De recente generatie transoceanische kabels (TAT-12, TPC-5), geïnstalleerd in 1995, gebruikt optische versterkers, en vervoert verkeer op 5 Gbit/s.
Met een glasvezelversterker kunnen optische signalen over veel netwerk-vertakkingen verdeeld worden. Zo worden bijvoorbeeld in de nieuwe netwerken in Duitsland vele versterkers geplaatst om analoge kabeltelevisiesignalen over duizenden abonnees te verdelen.

De hoge vermogens uit een glasvezelversterker kunnen niet-lineaire effekten veroorzaken in de transmissievezel. Door hiermee de reguliere pulsverbreding te compenseren ontstaan solitonpulsen, die over praktisch onbegrensde afstanden, tientallen miljoenen kilometers, enorme datasnelheden kunnen overbrengen.

De glasvezelversterker zal de conventionele tussenversterkers in digitale en analoge systemen gaan verdringen, en is de belangrijkste doorbraak in de optische communicatie van de laatste jaren.

Ook halfgeleider optische versterkers zijn door hun compacte struktuur aantrekkelijk; zij halen echter nog niet dezelfde hoge prestaties als de erbium-gedoteerde vezelversterkers. In het 1.3 μm golflengtevenster echter kunnen zij een goed alternatief zijn voor de nog niet echt uit de research-fase zijnde praseodymium- (of neodymium-) gedoteerde fluoride glasvezelversterker.

In planaire glassubstraten kunnen optisch versterkende golfgeleiders op een kosten-effektieve wijze geïntegreerd worden met andere funkties. Figuur 4 schetst als voorbeeld een verliesvrije splitter, waarin een versterkende golfgeleider de verdeelverliezen compenseert [1].



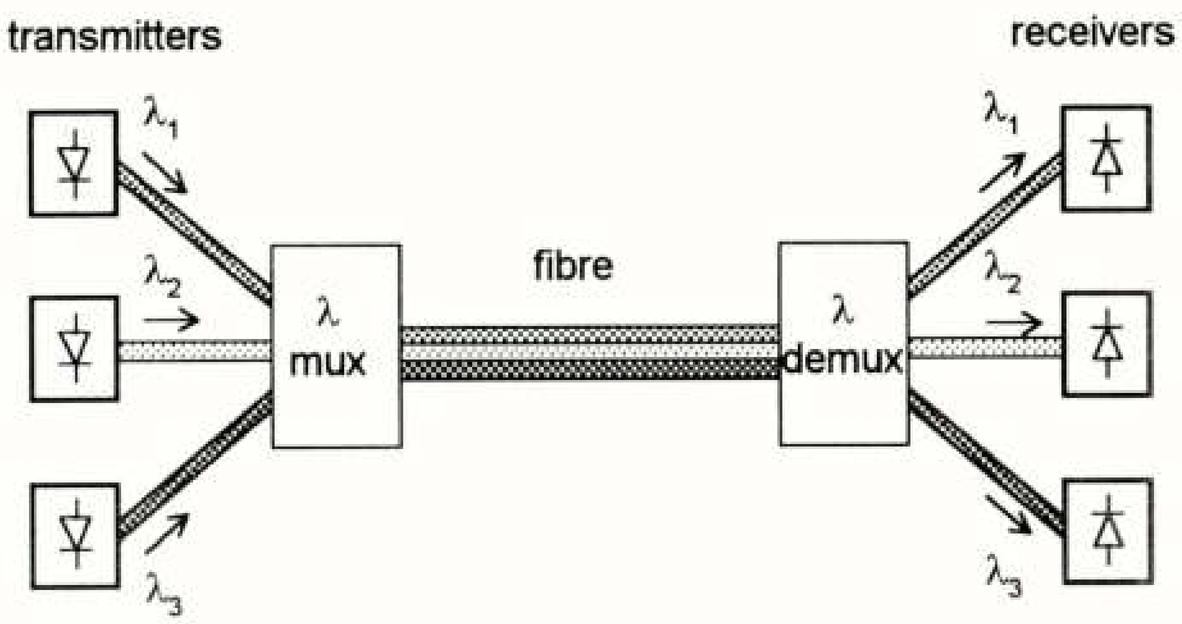
Figuur 4. Planaire in glas geïntegreerde verliesvrije optische vermogensverdeler

4. Meergolflengten-systemen

De maximale overdrachtssnelheid van een systeem wat licht van één golflengte gebruikt wordt begrensd door de elektronika van de zender en de ontvanger, en ligt momenteel rond 40 Gbit/s. Dit komt overeen met het 12 maal overzenden van de inhoud van alle 32 delen van de Encyclopaedia Brittanica binnen 1 seconde! Toch wordt met deze snelheden nog maar een heel klein deel van de capaciteit van de glasvezel benut, die immers tienduizenden Gbit/s bedraagt. Deze capaciteit kan pas volledig ontsloten worden als we de extra dimensie benutten van het licht, namelijk de golflengte. We kunnen informatie via meerdere golflengtes door een glasvezel sturen, en zo de glasvezel als het ware uitbreiden van een enkelbaans verkeersweg tot een autosnelweg met meerdere gescheiden rijbanen (zie Figuur 5). En net zoals in het dagelijks wegverkeer wordt dan de doorstroom van het dataverkeer sterk vergroot. Ook kan gemakkelijker verkeer van de grote route afgehaald worden, of toegevoegd worden, in de zogenaamde add/drop knooppunten. De golflengtekanalen zijn immers onderling onafhankelijk, en kunnen ieder heel verschillende typen signaalverkeer vervoeren.

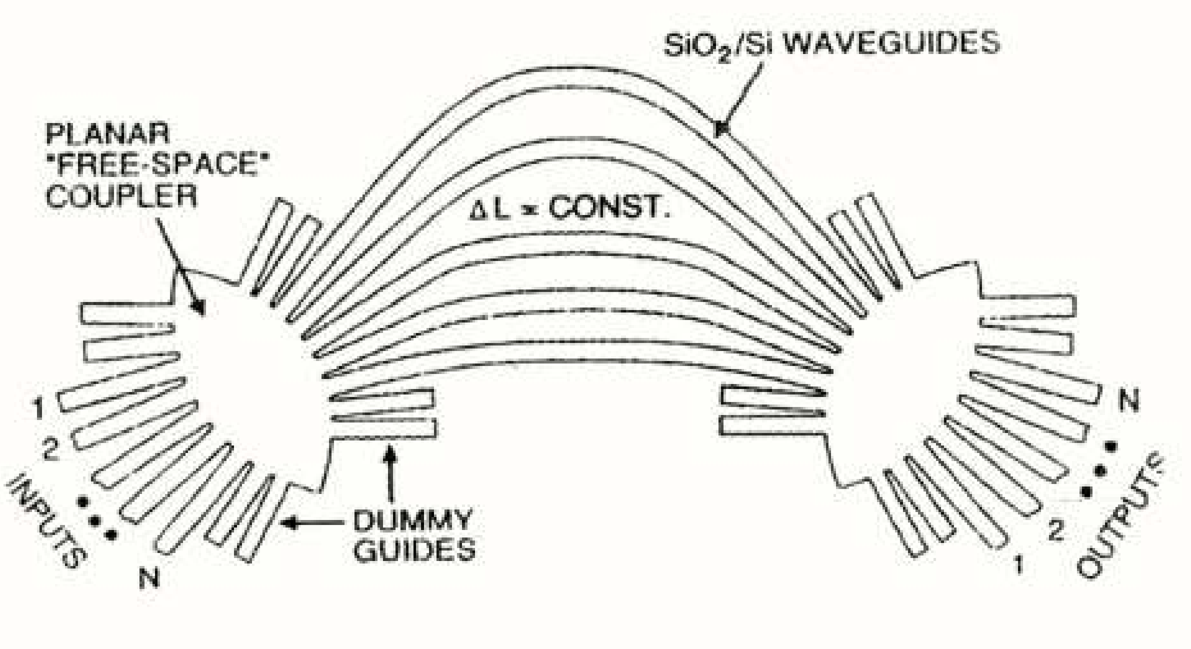
Direkte-detektie systemen zijn met extra voorzieningen in

staat om signalen van verschillende golflengten te combineren en weer te scheiden. Diverse typen optische filters komen hiervoor in aanmerking, zoals selektieve glasvezelkoppelaars, meerlaags diëlektrische filters, en



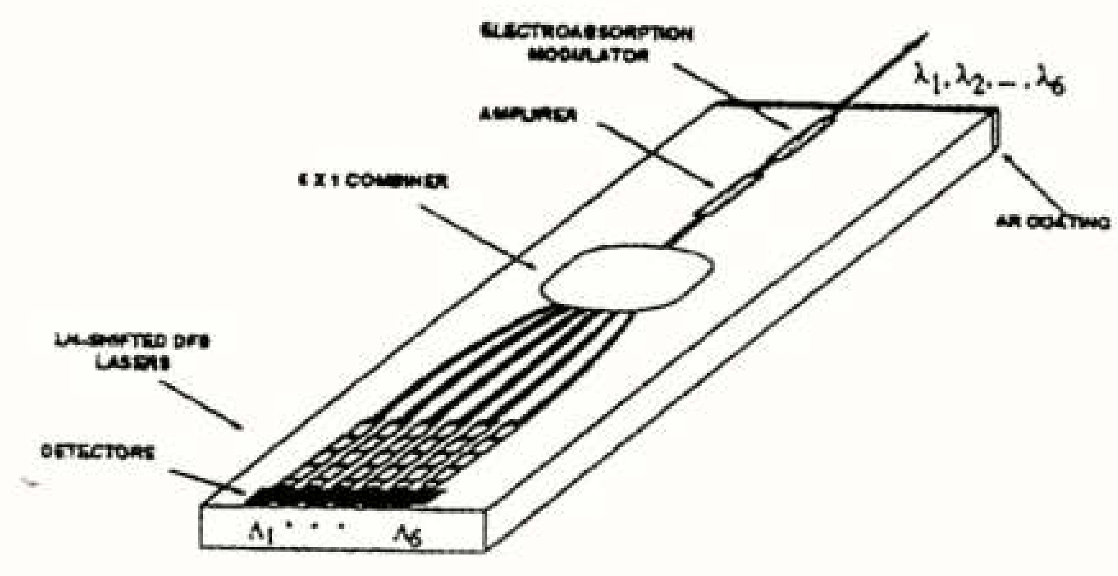
Figuur 5. Overdrachtssysteem met meerdere golflengten

geïntegreerde tralies. Een golflengten-router, zoals weergegeven in Figuur 6, is geschikt voor planaire integratie, en verdeelt de via een poort binnenkomende golflengten over de uitgaande poorten. De werking is equivalent met die van een phased array uit de antennetheorie; wanneer dezelfde golflengten via een andere ingangspoort toegevoerd worden, volgt hun positie aan de uitgangspoorten door cyclische verwisseling van de situatie die ontstaat bij lancering aan de eerstgenoemde ingangspoort. Er kunnen (eventueel door meerdere filters te combineren) zo'n 30 tot 60 golflengten ondergebracht worden in het werkvenster van de populaire erbium-gedoteerde glasvezelversterker. Maar er zijn tot nu toe nog geen filters die snel over dit hele venster afstembaar zijn.



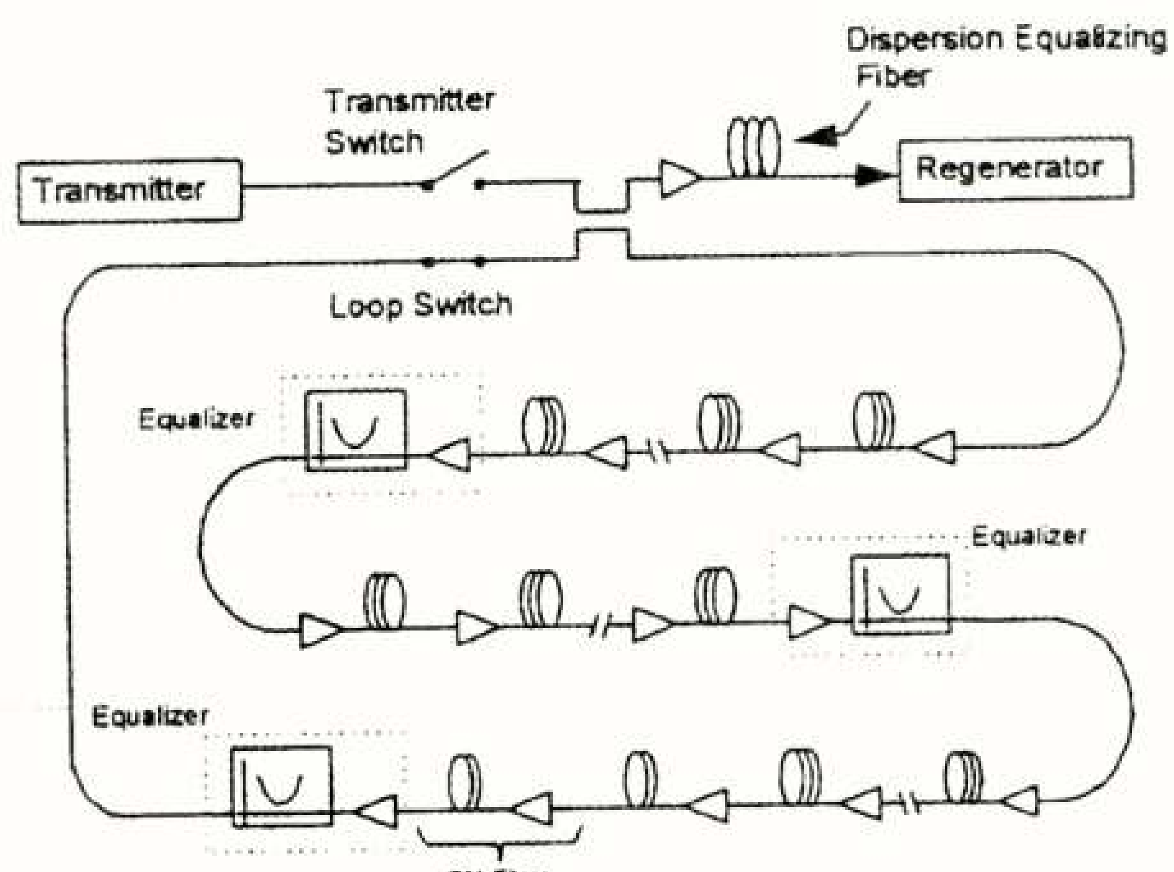
Figuur 6. Geïntegreerde golflengten-router

Uiteraard moeten de laser diodes in zo'n dicht gestapeld meergolflengten-systeem een smal optisch spektrum bezitten, en doorgaans verstembaar zijn. Distributed Feed-Back (DFB) en Distributed Bragg Reflector (DBR) lasers zijn hiervoor de aangewezen componenten. Deze lenen zich naast amplitude-modulatie ook goed voor frekwentie-modulatie, wat bijzonder compacte spektra oplevert. Meerdere golflengten tegelijk kunnen gegenereerd worden door een array van DFB of DBR lasers (zie Figuur 7, uit [2]).



Figuur 7. Meergolflengten-laserarray

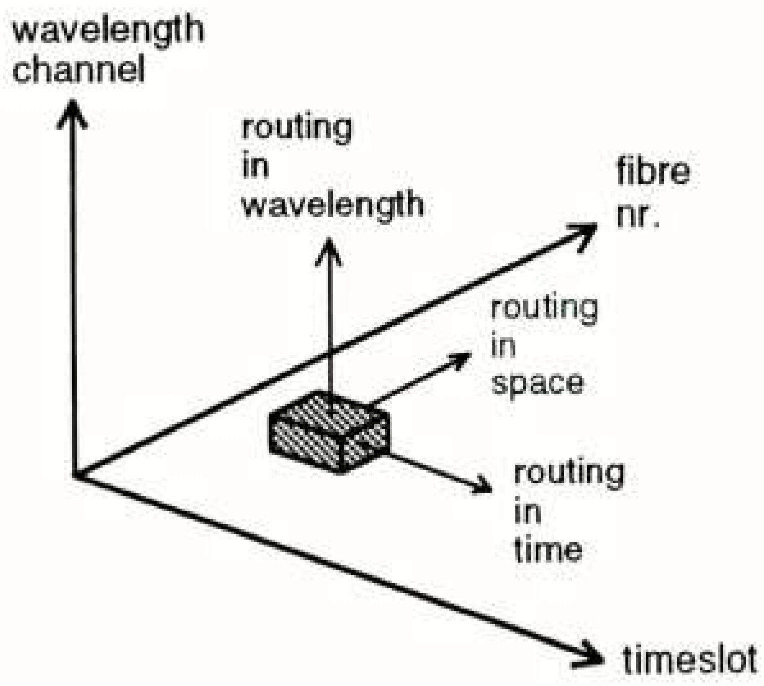
Door gebruik van meerdere golflengtes en optische glasvezelversterkers kunnen zeer hoge datatransport-capaciteiten over transoceanische afstanden gerealiseerd worden. Figuur 8 schetst een laboratoriumexperiment waarbij 100 Gbit/s overgedragen wordt over 6300 km glasvezel met geringe dispersie (in een recirculerende lus), door middel van 20 golflengtes in het 1.5 μm golflengte venster, gespatieerd met 0.6 nm, die elk 5 Gbit/s vervoeren [3]. De geringe versterkingsvariaties (als funktie van de golflengte) in de gebruikte optische glasvezelversterkers worden gecompenseerd met optische equaliser filters.



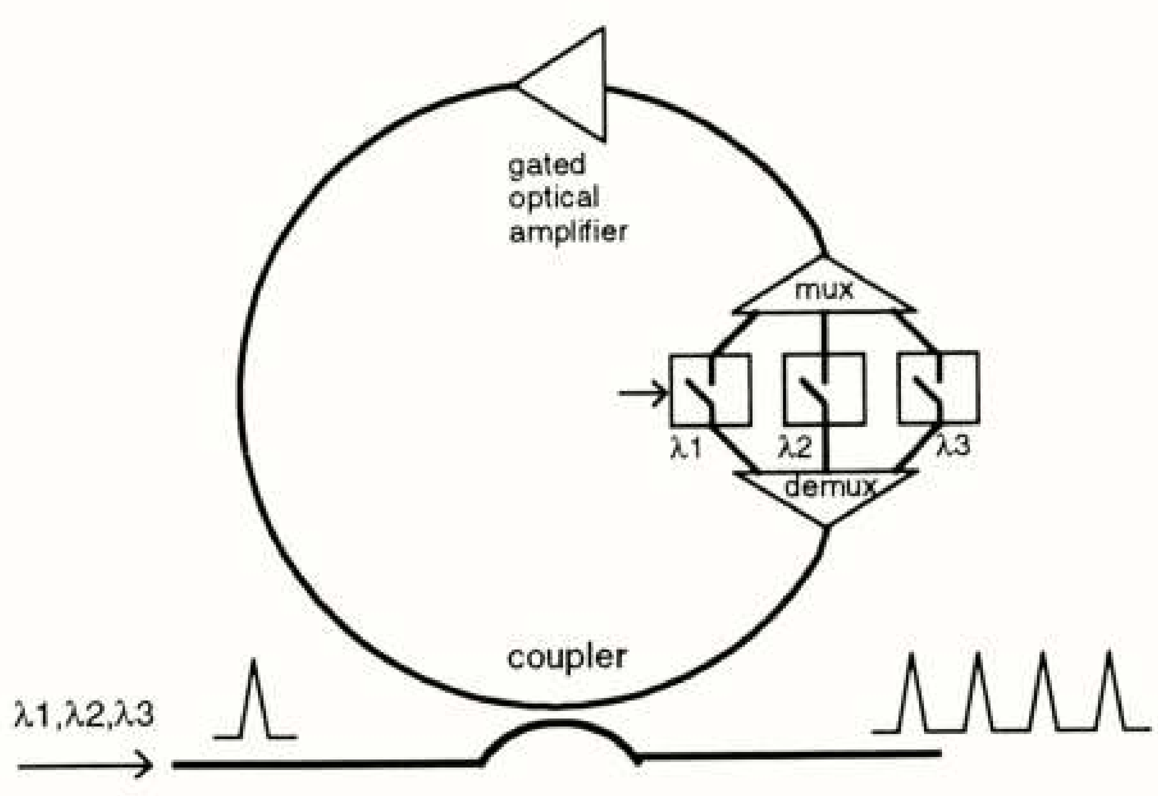
Figuur 8. 100 Gbit/s WDM transmission over 6300 km fiber (met 20 golflengtes, elk 5 Gbit/s)

5. Schakelen van signalen in meerdere dimensies

Niet alleen in de overdracht van signalen, maar ook in het schakelen ervan biedt de golflengte-dimensie een belangrijke uitbreiding van de netwerkmogelijkheden. In elektrische systemen kan een signaalpakket geschakeld worden in de tijd en in de ruimte. In optische netwerken komt daar een derde dimensie bij, de golflengte (zie Figuur 9 en [4]). Analoog met het wegverkeer hebben we nu een meerbaans snelweg waarop men van rijstrook kan wisselen om elkaar te passeren en in of uit te voegen, in plaats van een eenbaans weg met vluchthavens en kruispunten. Zo wordt het schakelen in de tijd ontlast, en wordt de doorstroomsnelheid van data vergroot omdat er minder geheugens nodig zijn. Bovendien is optisch schakelen in de tijd moeilijk, daar lichtpulsen zich niet eenvoudig in een geheugen laten opslaan. Door middel van geavanceerde glasvezelring-configuraties zijn in het laboratorium pas de eerste aanzetten tot optische geheugens gerealiseerd (zie figuur 10); zo zijn opslagtijden van 350 ms gerealiseerd in een fiberring met optische halfgeleiderversterker [5].



Figuur 9. Schakelen van een signaalpakket in de dimensies ruimte, tijd en golflengte

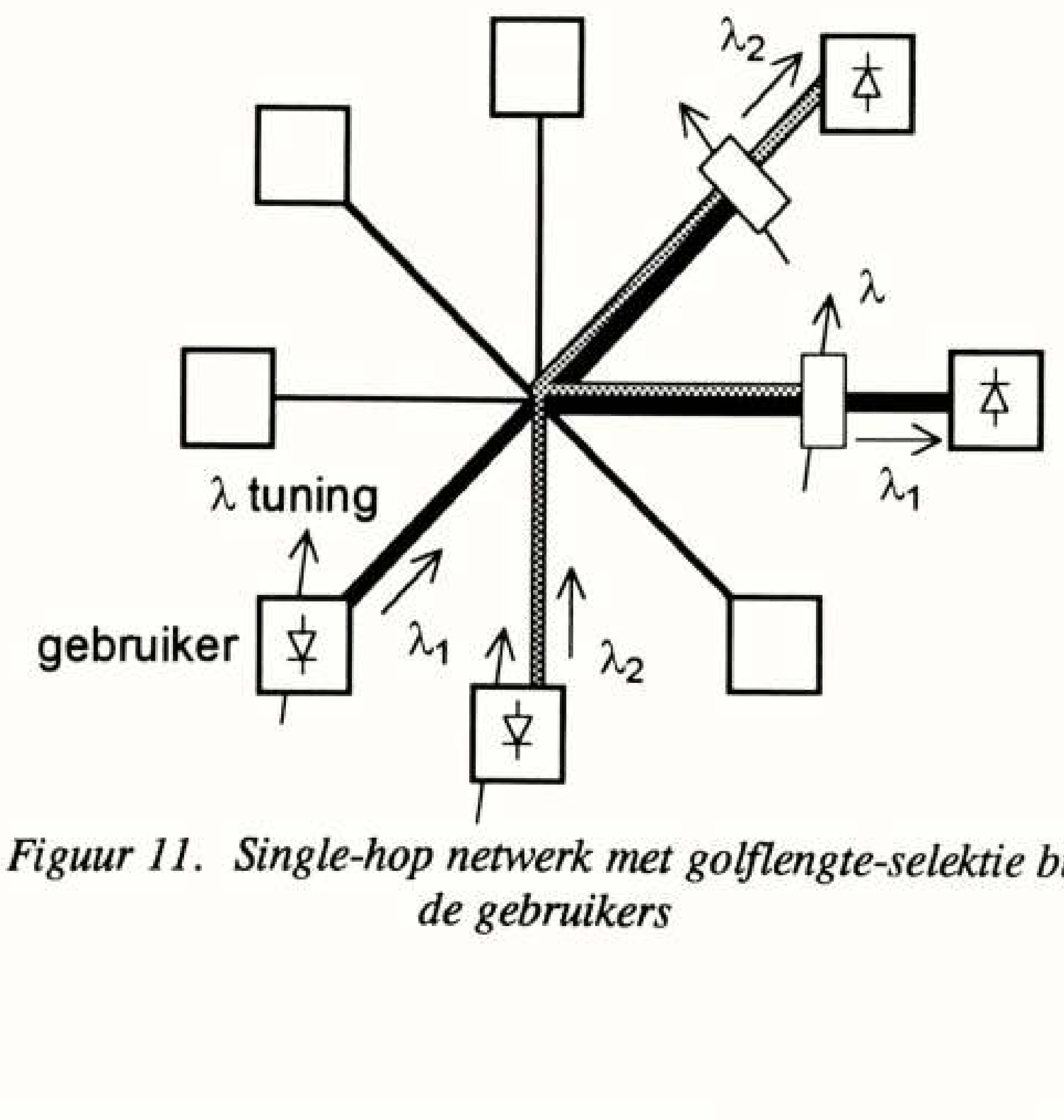


Figuur 10. Fiberring als optisch geheugen

6. Meerpuntsnetwerken met meerdere golflengten

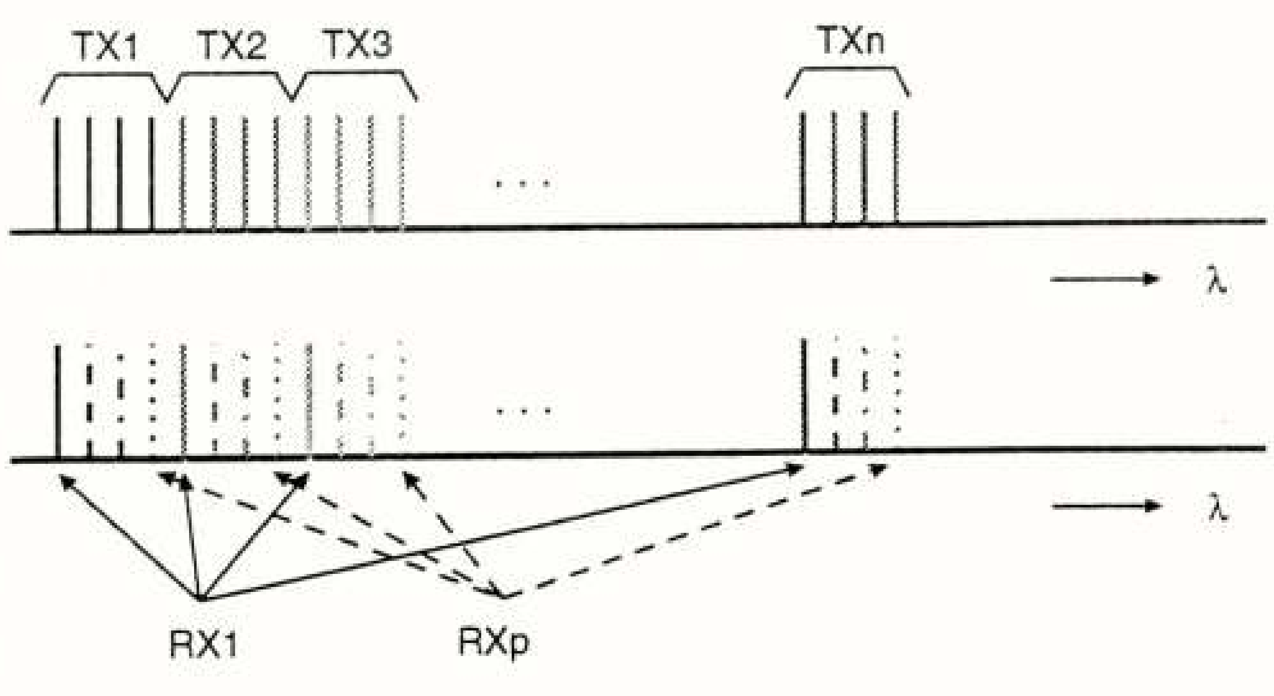
Vanwege de hoge kosten van informatie-bereiding en -opslag, en het toenemend belang om informatie snel beschikbaar te hebben (denk bijvoorbeeld aan de valuta- en effectenhandel), is er een trend om informatie op een beperkt aantal plaatsen te concentreren, en van daaruit via netwerkverbindingen op vele plaatsen te bewerken. Zo moeten Local Area Networks (LANs) binnen kantorencomplexen veel informatie met hoge snelheid en zo betrouwbaar mogelijk tussen werkstations en databanken vervoeren. Soortgelijke wensen gelden voor geografisch grotere netwerken, zoals Metropolitan Area Networks (MANs) en Wide Area Networks (WANs). Wanneer deze netwerken elektrisch uitgevoerd worden, zijn er complexe protocollen nodig om te voorkomen dat de informatiepakketten in het netwerk met elkaar in botsing komen en elkaar verminken. Botsingen tussen pakketten worden steeds ernstiger naarmate de datasnelheden hoger worden en de netwerken uitgestrekter; zo zijn er in een netwerk met 2.5 Gbit/s en een lengte van 10 km maar liefst 125000 informatiebits onderweg, die bij een botsing opnieuw verzonden moeten worden. De toegangsprotocollen vergen rekentijd, en drukken daardoor behoorlijk de informatie-uitwisselingssnelheid in het netwerk.

Binnen de vakgroep TIOS (Tele-Informatica en Open Systemen) aan de Universiteit Twente is het onderzoek gericht op het optimaal gebruik maken van glasvezels in deze netwerken. Onze bijzondere belangstelling gaat uit naar de extra dimensie die de glasvezel ons biedt, namelijk het gebruik van meerdere golflengten. Ieder golflengte-kanaal is immers onafhankelijk van de andere, en is te gebruiken om een verbinding in het netwerk op te zetten. Zo kunnen de informatiestromen via elk van deze verbindingen niet langer met elkaar in botsing komen, waardoor de toegangsprotocollen tot het netwerk eenvoudig mogen zijn. We vergroten dus de capaciteit en de eenvoud van optische netwerken sterk door golflengten-multiplexing.

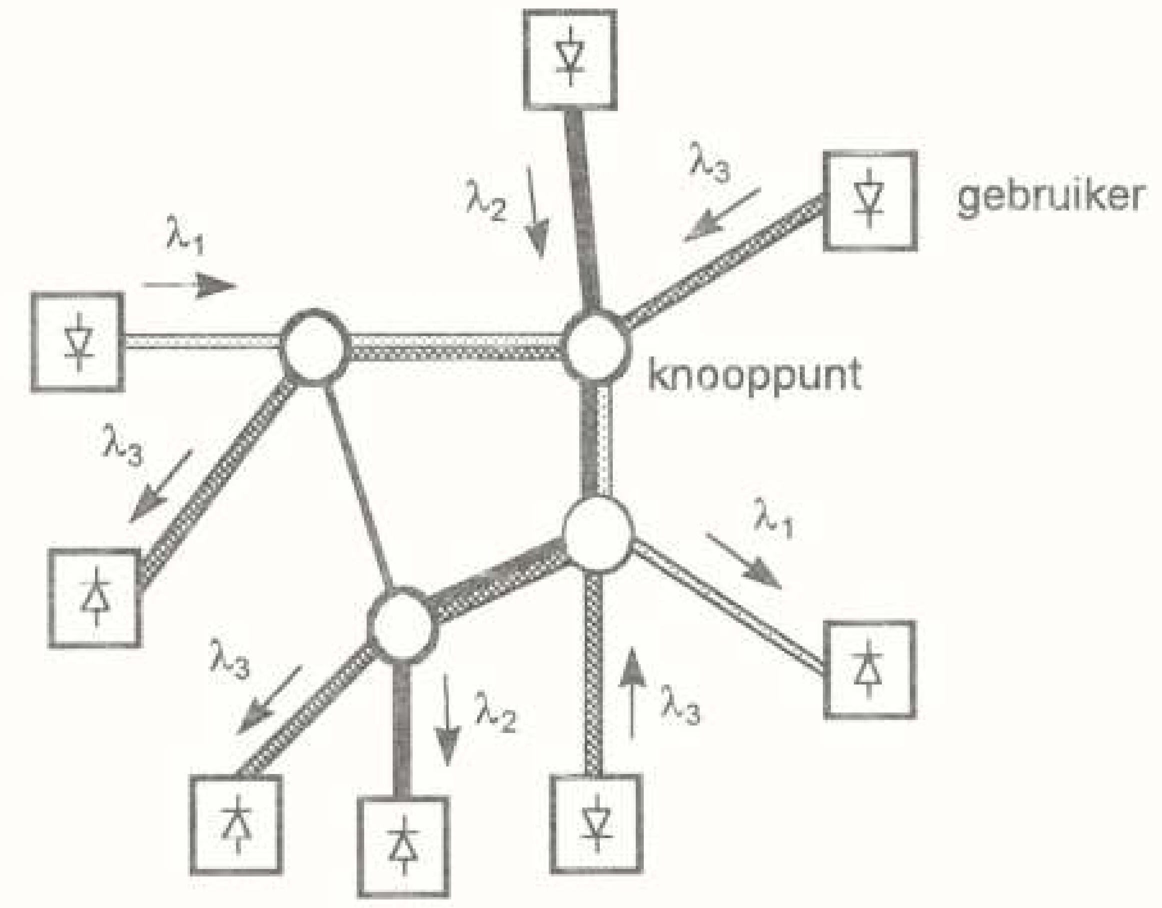


Figuur 11. Single-hop netwerk met golflengte-selektie bij de gebruikers

Een voorbeeld van een meergolflengten-netwerk dat geschikt is voor het leggen van snel veranderende verbindingen tussen onderling niet ver verspreide gebruikers, is het single-hop stervormige netwerk (zie figuur 11). Elke gebruiker is met het centrale knooppunt verbonden, waar alle signalen samen komen en weer verdeeld worden naar alle gebruikers. Via een afgesproken procedure kiest een gebruiker een bepaalde golflengte om informatie te verzenden naar een andere gebruiker, die zijn ontvanger afstemt op datzelfde golflengtekanaal. Zonder deze verbinding te hinderen kan tegelijkertijd een ander stel gebruikers onderling een verbinding opzetten op een andere golflengte. Een netwerk met veel aktieve gebruikers heeft veel verschillende golflengten nodig. Bovendien moeten deze verbindingen vaak veranderd worden, bijvoorbeeld in een netwerk waar een computer data van verschillende databases moet ophalen en wegschrijven. Er zijn dan zeer breed en snel verstembare laser diodes in de zenders en dito filters in de ontvangers nodig. Beide soorten componenten zijn niet of moeilijk te realiseren. In de vakgroep TIOS hebben we een nieuw concept ontwikkeld om deze tekortkomingen te omzeilen. Hierbij worden de golflengten van de zenders en die van de ontvangers in roulerende groepen ingedeeld, zodat iedere gebruiker met iedere andere gebruiker in contact kan komen, zelfs bij grote aantallen gebruikers. Het principe van dit *CICA - Consecutive and Interleaved Channel Allocation* concept is weergegeven in figuur 12 (zie ook [6]). De stapvormig verstembare ontvanger is op elegante wijze te realiseren met een tandem-schakeling van twee onderling iets in periodiciteit van hun doorlaatkam-curve verschillende Fabry-Pérot filters, waarvan er een verstembaar dient te zijn (zie [7]).

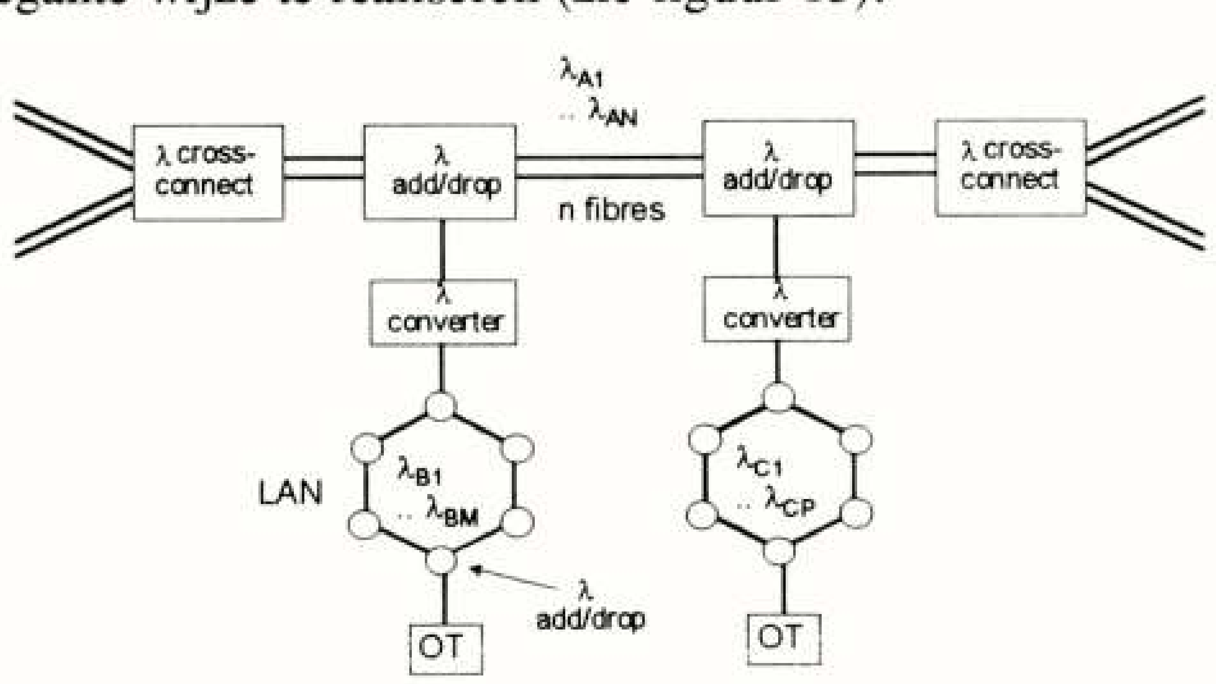


Figuur 12. Het CICA concept: een beperkt golflengte-afstembereik per zender, en breed stapvormig afstembereik per ontvanger

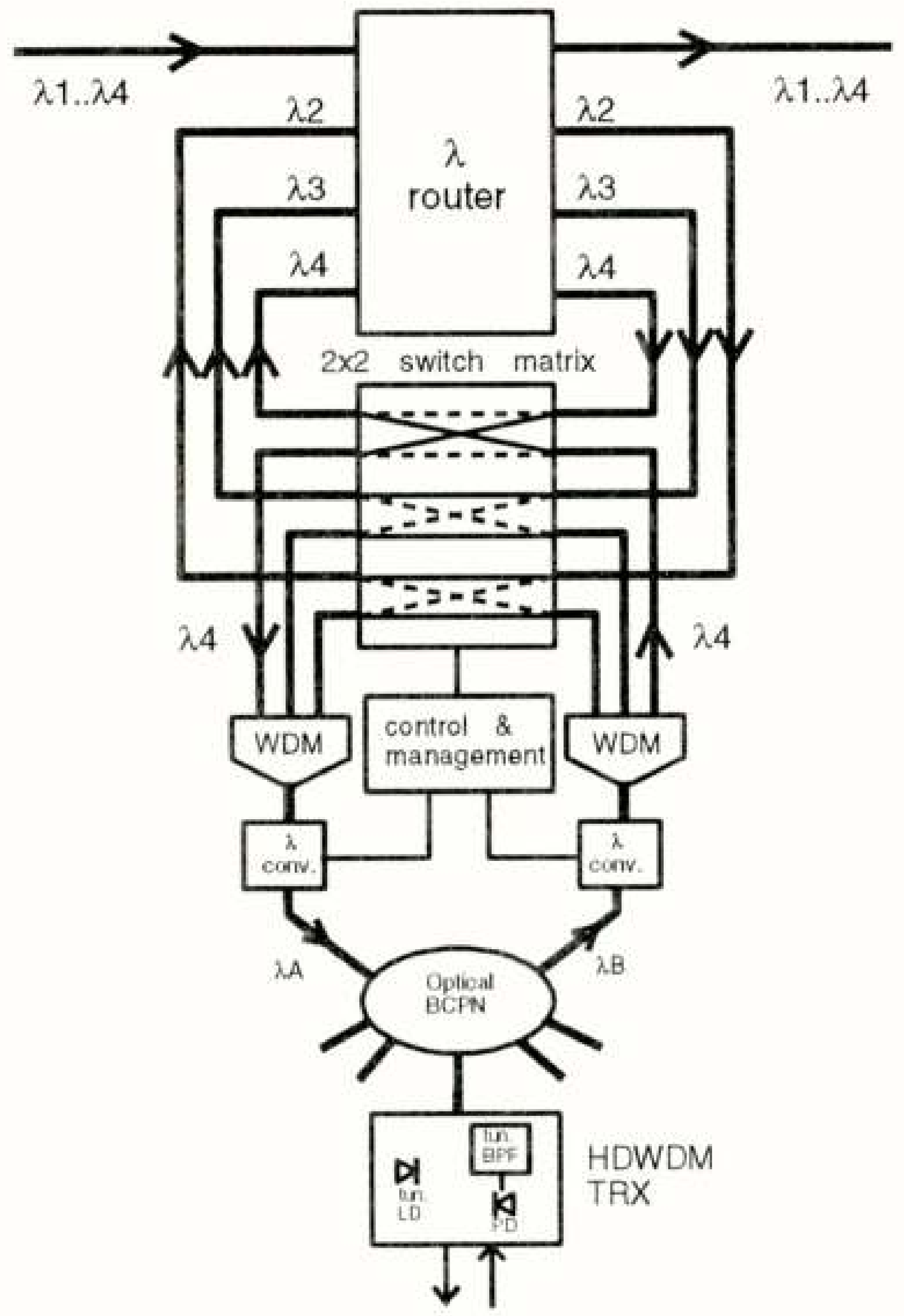


Figuur 13. Multi-hop netwerk met golflengte-routering

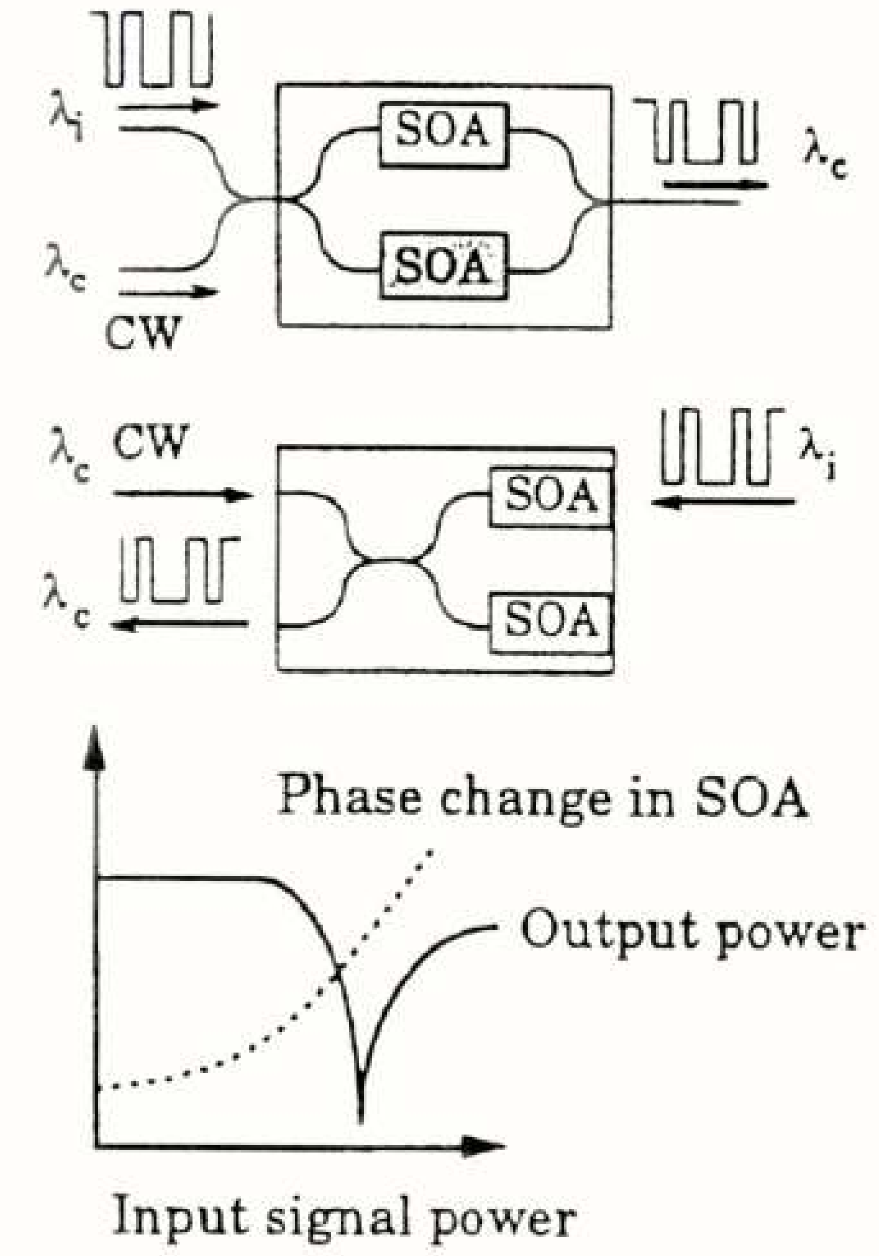
Een multi-hop meergolflengten netwerk is geschikt bij grotere en sterk verschillende afstanden tussen de gebruikers (zie Figuur 13). Verbindingen lopen hierin over meerdere knooppunten, die de berichten afhankelijk van hun golflengte langs verschillende wegen sturen. Zo loopt een informatiepakket steeds via de meest efficiënte weg door het netwerk. Voor die wegen die elkaar niet overlappen kunnen dezelfde golflengtes gebruikt worden. Dit hergebruik beperkt het benodigde aantal verschillende golflengten. Ook kan een bericht in een knooppunt naar een andere golflengte gebracht worden met een optische converter; zo kunnen bij overgangen van een deel van het netwerk naar een ander deel de gebruikte golflengtes op elkaar afgestemd worden. Figuur 14 laat zien hoe aldus verschillende Local Area Networks middels meerdere golflengtes verbonden kunnen worden via het publieke transportnetwerk. Een belangrijke rol in multi-hop meergolflengten netwerken wordt vervuld door de golflengten add/drop knooppunten: hierin kan de informatie op een of meerdere geselekteerde golflengten van de hoofdroute afgehaald worden of eraan toegevoegd worden. Middels een golflengten-router is deze funktie op elegante wijze te realiseren (zie figuur 15).



Figuur 14. Meergolflengten-interconnectie van LAN's en het transportnetwerk

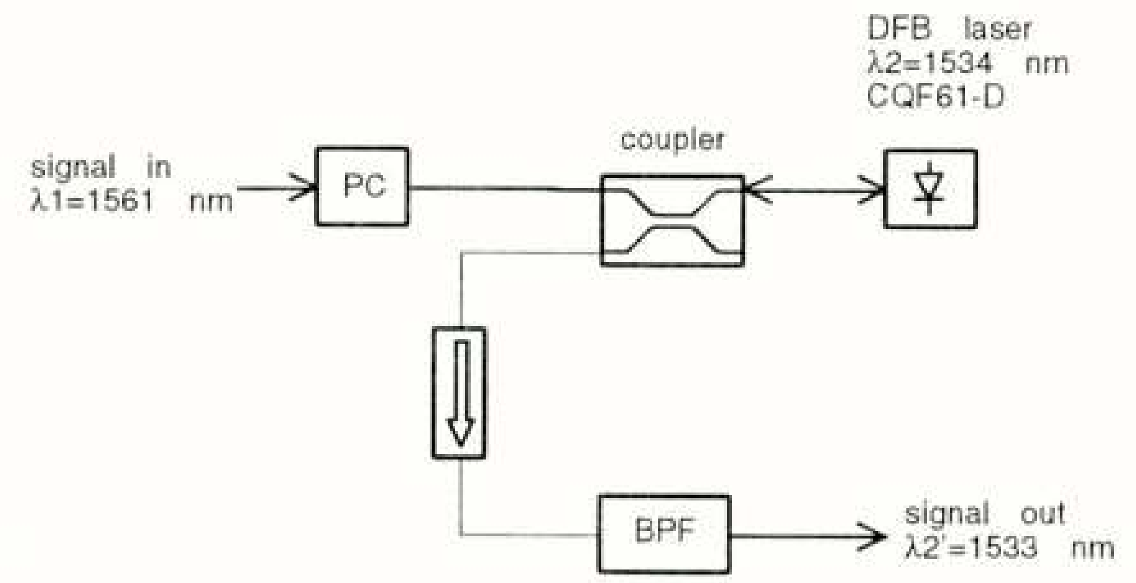


Figuur 15. Add/drop knooppunt in een meergolflengten netwerk



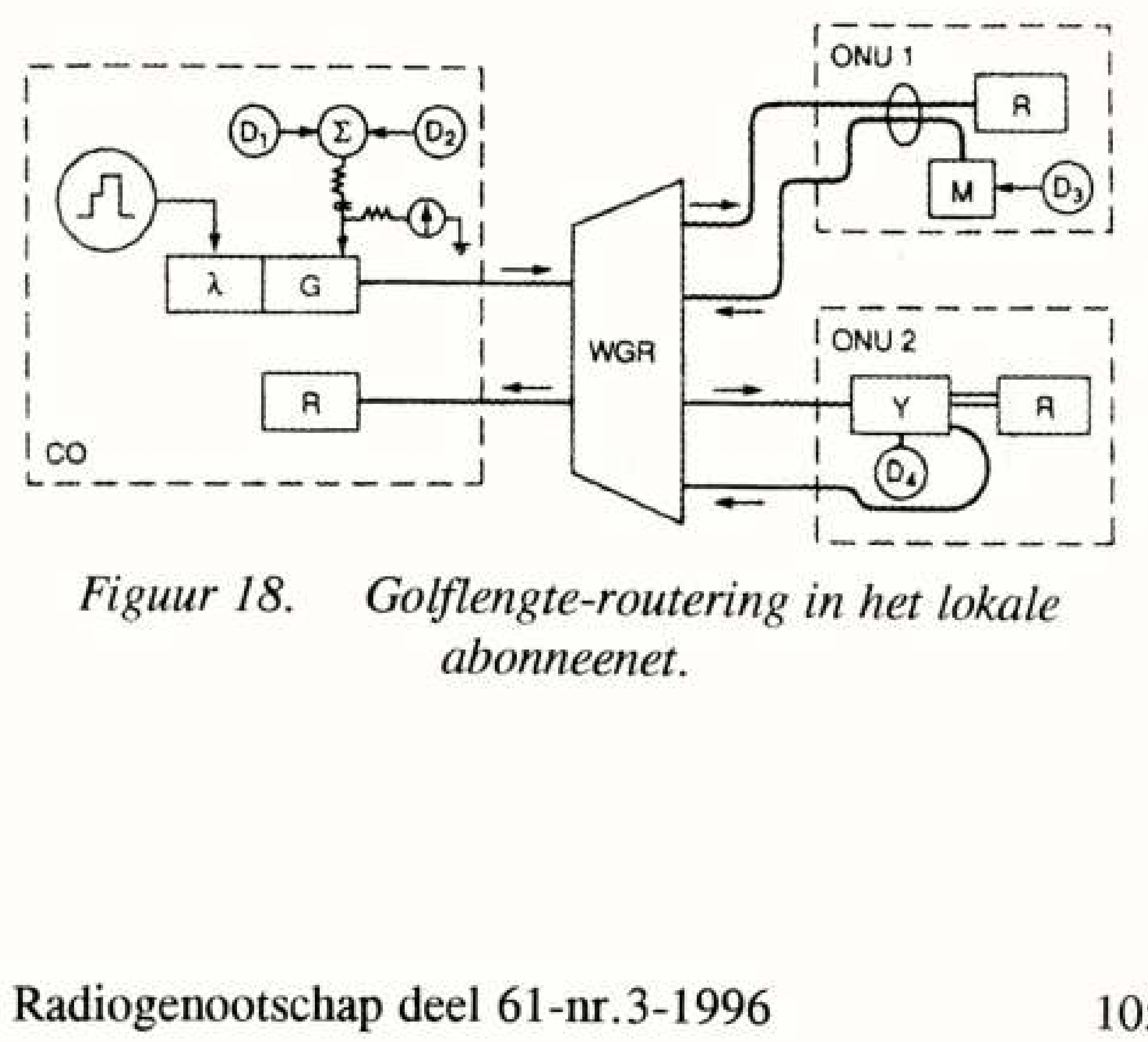
Figuur 17, Golflengte-converter (optische halfgeleiderversterkers in een Mach-Zehnder of Michelson configuratie)

Er is inmiddels veel vooruitgang geboekt in de technieken van golflengte-conversie middels signaalinjektie in laser diodes. Een experiment uitgevoerd bij de vakgroep TIOS van de Universiteit Twente is geschetst in Figuur 16; golflengte-conversie over 45 nm bij 2.5 Gbit/s signaalsnelheid met een multisectie laser diode is gerapporteerd in [8]. Een veelbelovende techniek is ook golflengte-conversie met behulp van verzadigde optische halfgeleiderversterkers (zie figuur 17, uit [9]).



Figuur 16 Golflengte-conversie middels lichtinjektie in een laserdiode

Het routeren van signalen op basis van hun golflengte biedt ook interessante mogelijkheden voor het creëren van breedbandige aansluitingen in het lokale abonneenetwerk. Figuur 18 illustreert hoe een golflengte-router vanuit een hoofdstation (CO, Central Office) iedere optische abonnee-aansluiting (ONU, Optical Network Unit) met een specifieke golflengte bedient [10]. Het vanuit de CO naar de ONU verzonden licht wordt door remodulatie door een externe optische modulator M in de ONU hergebruikt voor de communicatie van ONU naar CO; aldus wordt een laserdiode met een specifieke golflengte in de ONU uitgespaard.

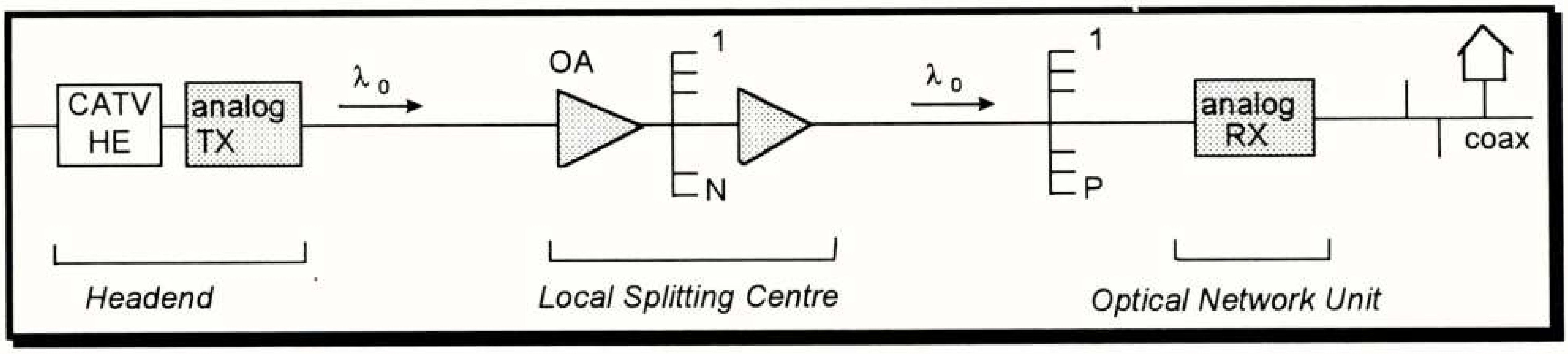


Figuur 18. Golflengte-routering in het lokale abonneenet.

Een andere interessante mogelijkheid is om de golflengte-selektie niet in het netwerk zelf uit te voeren, maar bij de ONU zelf. Door deze selektie vanuit het hoofdstation uit te voeren, kan de netwerkbeheerder zelf beslissen welke ONU's hij met welke golflengtes wil bedienen, en aldus zelf zijn netwerk configureren. Dit kan zonder de fysieke vezelaansluitingen in het netwerk te veranderen, zodat hij snel op zich wijzigende verkeerscondities kan inspelen.

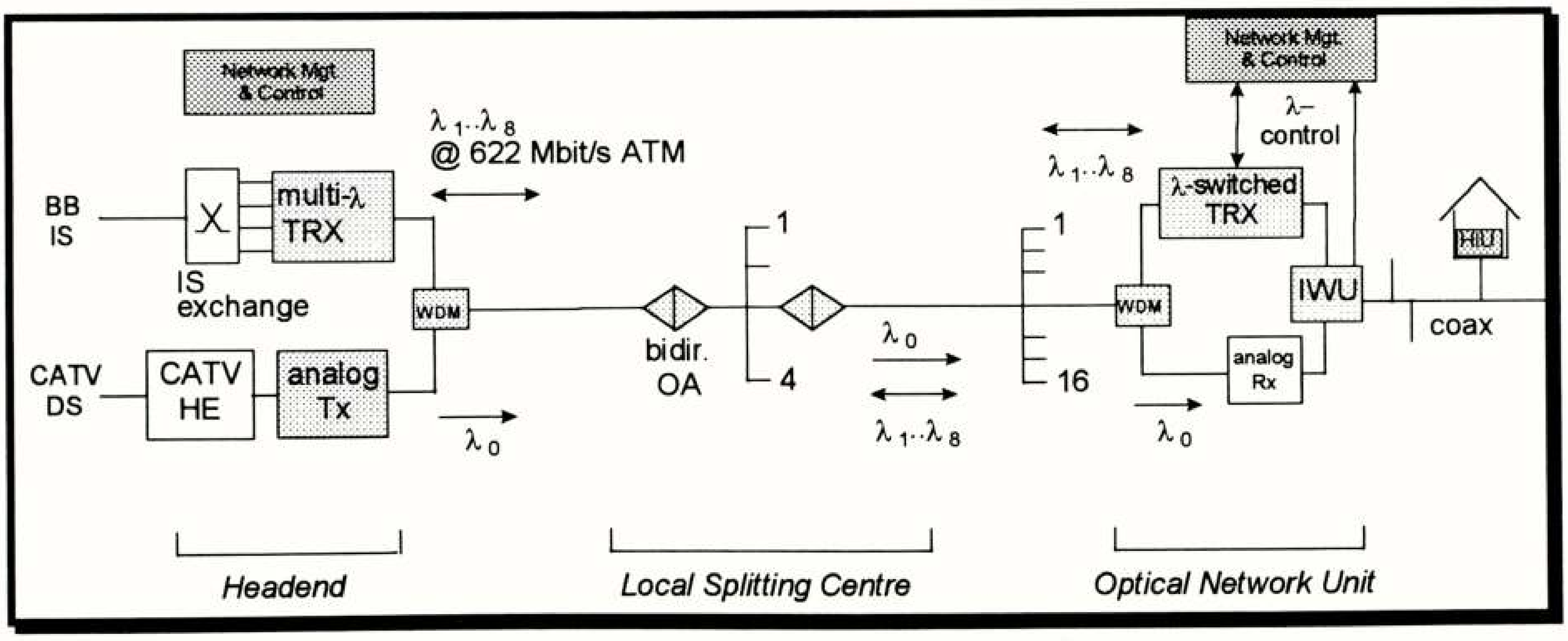
In het Europese ACTS projekt TOBASCO ("Towards Broadband Access Systems for CATV Optical networks") wordt onderzocht hoe middels golflengten-multiplexing technieken breedbandige interactieve diensten in de toepassing van optische glasvezelversterkers een wijd vertakt netwerk mogelijk wordt, is geschetst in figuur 19; dit soort netwerken is o.a. in het oosten van Duitsland onlangs geïnstalleerd.

Recent zijn technieken in de markt gebracht om de CATV abonnee ook beperkte interactieve diensten aan te bieden, zoals telefonie, smalband ISDN, video-on-demand, etc. De grote aantallen abonnees die vanuit een CATV hoofdstation bediend moeten worden, laten echter niet toe



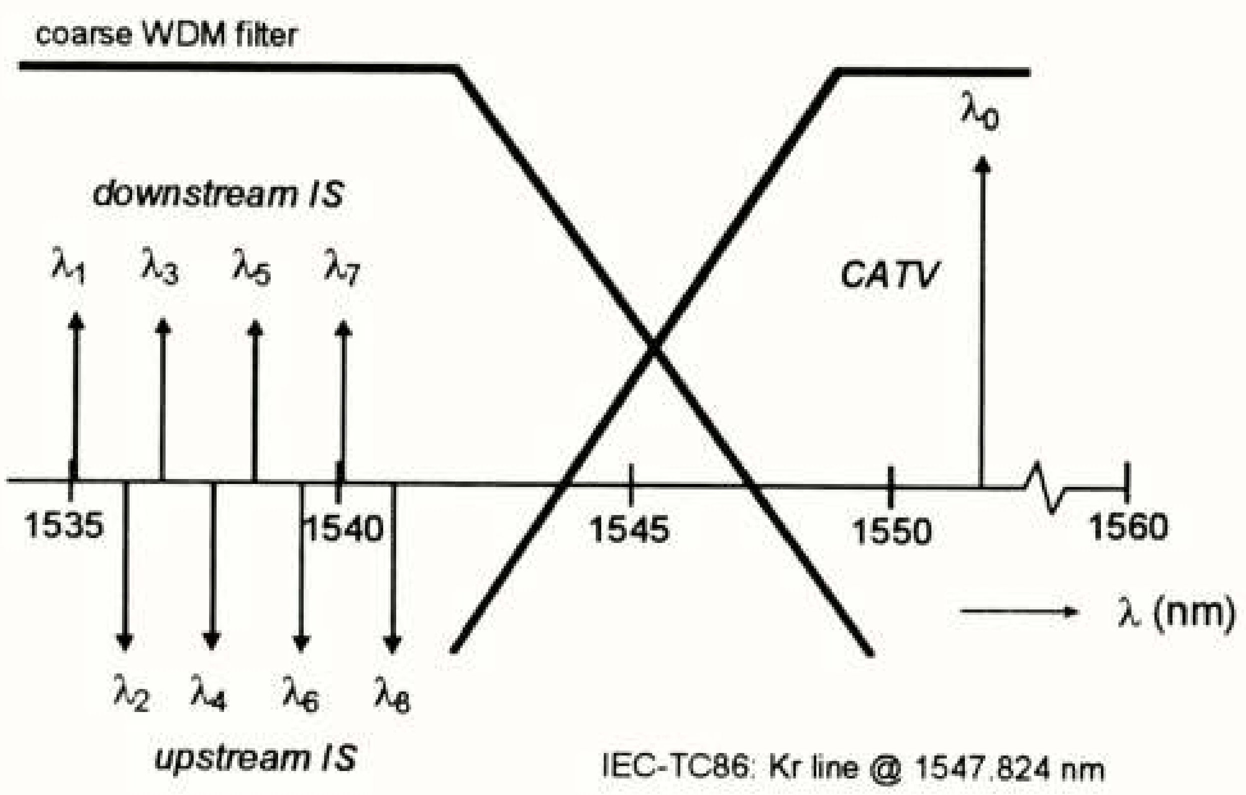
Figuur 19. CATV glasvezel-coax distributienetwerk (met optische versterkers, OA)

uitgestrekte CATV abonnee-aansluitnetten ingevoerd kunnen worden [11] [12] . Doorgaans worden grote aantallen abonnees (>2000) vanuit een hoofdstation voorzien van breedband distributieve diensten. In deze CATV netwerken is het laatste deel van het abonnee-aansluitnetwerk gebaseerd op coaxiale kabel; in de hogere delen wordt steeds meer glasvezel ingevoerd. Een modern glasvezel-coax CATV distributienetwerk, waar door om elke abonnee breedbandige interactieve diensten te bieden, vanwege de beperkte addresseringscapaciteit van TDMA (Time Division Multiple Access) technieken. In het TOBASCO projekt worden nu meerdere golflengten ingevoerd voor het transport van de breedbandige interactieve diensten, waarbij elke golflengte een deel van de abonnees voor zijn rekening kan nemen, en wel een zo groot deel dat het nog binnen de mogelijkheden van TDMA past. De netwerkarchitectuur wordt gegeven in Figuur 20.



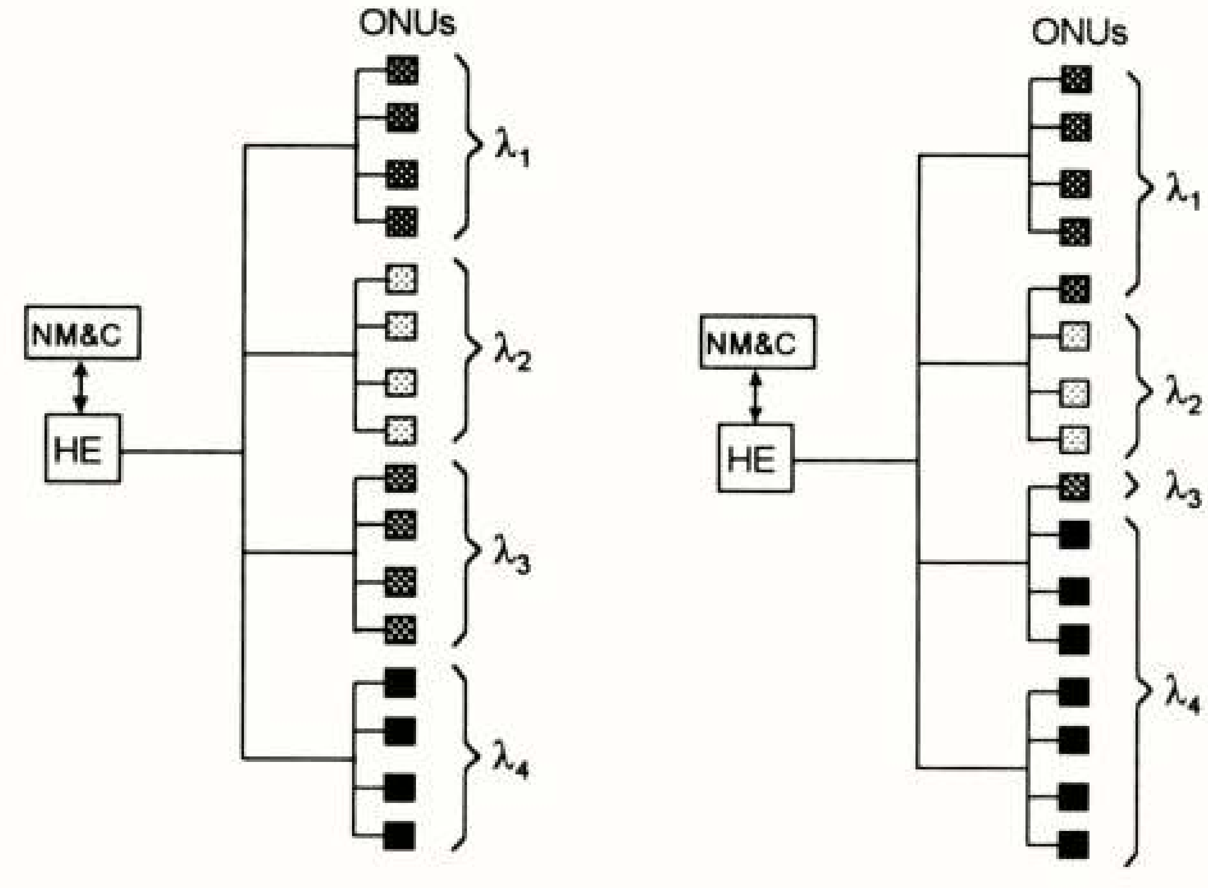
Figuur 20, Golflengte-selektie bij de ONU

Transport van het analoge CATV signaal blijft plaatsvinden op golflengte λ_0, gelegen in het venster 1550-1560 nm waar erbium-doped fibre amplifiers een hoog uitgangsvermogen kunnen paren aan een laag ruisgetal. Door middel van een kleurenmultiplexer (WDM, wavelength division multiplexer) worden nu echter in het headend breedband interactieve diensten (BB-IS, broadband interactive services) toegevoegd op een aantal golflengtes, en wel voor iedere groep ONU's op een eigen golflengte. Er worden 8 golflengtes gebruikt, 4 voor downstream (headend naar ONU) en 4 voor upstream; deze golflengtes zijn verschillend en interleaved gepositioneerd om storing door overspraak t.g.v. onvermijdelijke optische reflekties in het netwerk zoveel mogelijk te reduceren. De spatiëring tussen de goflengtes die dezelfde kant op gaan is 200 GHz, en tussen tegengesteld reizende golflengtes 100 GHz; dit is in lijn met standaardisatie-aanbevelingen in meergolflengten-netwerken. Een schets van de golflengte-allocatie is gegeven in figuur 21.



Figuur 21. Golflengten-allocatie in het TOBASCO systeem

Doordat de netwerkbeheerder nu vanuit het hoofdstation per ONU de golflengte kan instellen waarmee hij deze ONU met interactieve diensten voorziet, kan hij naar behoefte de virtuele topologie van het netwerk instellen zonder de fysieke topologie te wijzigen. Figuur illustreert hoe hij aldus de verkeerscapaciteit optimaal kan verdelen over de ONU's. Zo wordt het mogelijk om het totale netwerk op een flexibele wijze te "cellulariseren". Doordat elke ONU dus ook via andere golflengtes te bereiken is, voorziet het systeem tevens in enige redundantie van apparatuur in het hoofdstation en in de ONU's, wat de beschikbaarheid van de interactieve diensten verhoogt.

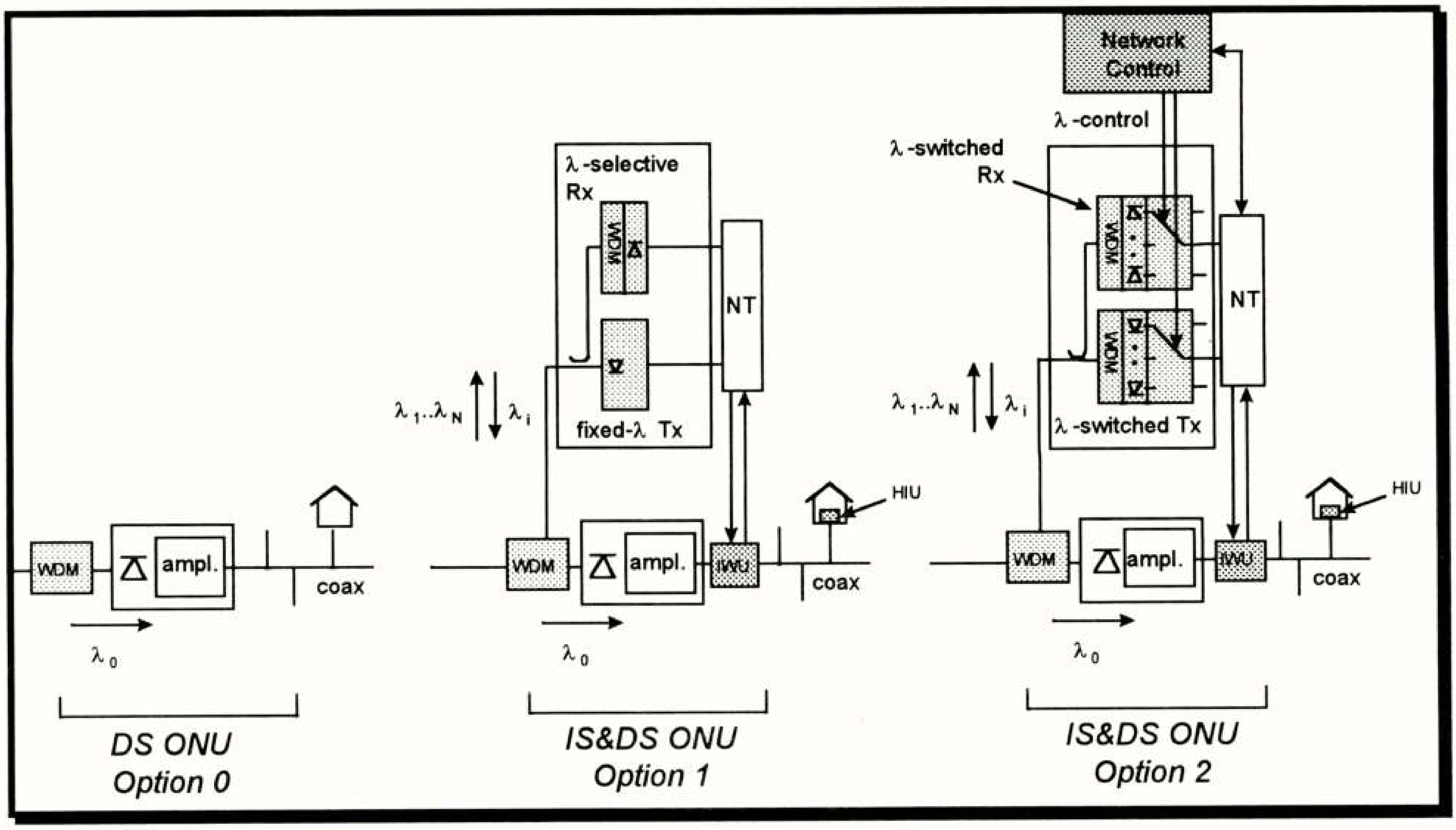


Figuur 22. Netwerk-herconfiguratie door golflengte-switching in de ONU's

De TOBASCO netwerkarchitectuur maakt een geleidelijke evolutie mogelijk van een zuiver distributief CATV netwerk (zoals in figuur 19) naar een flexibel configureerbaar netwerk dat CATV plus breedband interactieve diensten aan vele gebruikers biedt (zoals in figuur 20). Er kunnen namelijk tegelijkertijd diverse typen ONU in het netwerk opgenomen zijn, zoals weergegeven in figuur 23: ONU's die alleen de distributieve CATV diensten ondersteunen (optie 0), ONU's die een groep gebruikers met een stabiel interactief verkeerspatroon bedienen (en die dus niet netwerkreconfiguratie vereisen, en daarmee een vaste golflengte kunnen houden; optie 1), en ONU's die gebruikers met een flexibel interactief verkeerspatroon bedienen (en waarvoor netwerkreconfiguratie regelmatig vereist is; optie 2).

7. Conclusies

In volledig optische netwerken blijft door het hele netwerk heen het bericht in het optische domein. Aldus worden de snelheidsbeperkingen die elektronika in de knooppunten zou opleggen vermeden. Door gebruik te maken van de extra dimensie die optische communicatie biedt, namelijk de golflengte, zijn zeer krachtige en veelzijdige communicatienetwerken mogelijk. Simpelere en daarmee snellere toegangsprotocollen kunnen worden gebruikt, daar er vele onafhankelijke communicatieroutes, ieder met zijn eigen golflengte, tegelijkertijd opgezet kunnen worden. Sleutelcomponenten hierbij zijn optische geïntegreerde circuits voor selektieve generatie, routering en detektie van een of meerdere golflengten, en breedbandige optische versterkers. Deze maken de realisatie mogelijk van wijd vertakte netwerken, die een hoge transportcapaciteit paren aan een grote mate van flexibiliteit voor de routering van informatie. Zowel in netwerken voor informatie-transport over grote afstanden



Figuur 23 . Evolutie van ONU's in het TOBASCO systeem

als in lokale abonneenetwerken worden aldus grote voordelen bereikt. Zo kunnen CATV netwerken middels golflengte-multiplexing technieken evolueren tot netwerken die naast distributieve ook breedbandige interactieve diensten leveren aan grote aantallen abonnees; dit is onderwerp van het Europese ACTS projekt TOBASCO - Towards Broadband Access Systems for CATV Optical networks.
Golflengte-multiplexing werpt hiermee een nieuw licht op de al zo krachtige optische communicatie.

Literatuur

[1] P. Camy, A. Béguin, C. Lerminiaux, C. Prell, J.E. Román, M. Hempstead, J.S. Wilkinson, J.C. van der Plaats, F.W. Willems, A.M.J. Koonen, "Diode-pumped, Planar Lossless Splitter at 1.5 μm for Optical Networks", post-deadline paper at European Conf. on Optical Communication, Sep. 1995, Brussels, pp. 1067-1070

[2] Young et al., "Six-channel WDM transmitter module with ultra-low chirp and stable λ selection", post-deadline paper at European Conf. on Optical Communication, Sept. 1995, Brussels, pp. 1019-1022

[3] N. Bergano et al., "100 Gb/s WDM transmission of twenty 5 Gb/s NRZ data channles over transoceanic distances using a gain flattened amplifier chain", European Conf. on Optical Communication, Sept. 1995, Brussels, pp. 967-970

[4] J.E. Midwinter, "The photonic era! Expectations for world telecommunications", presentatie tijdens 36th RACE Concertation Meeting, Brussel, July 1993

[5] M. Eiselt et al., "Semiconductor laser amplifier in loop mirror configurations for signal-processing", European Conf. on Optical Communication, Sept. 1993

[6] J.H. Laarhuis en A.M.J. Koonen, "An efficient medium access control strategy for high-speed WDM multiaccess networks", IEEE Journal of

WDM multiaccess networks", IEEE Journal of Lightwave Technology, May 1993
[7] J.H. Laarhuis en A.M.J. Koonen, "Analysis and design of a high speed, wide range stepwise tunable optical filter/amplifier", European Conf. on Optical Communication, Sept. 1993
[8] K. Wünstel et al., "Multidimensional optical switching with advanced key components", European Conf. on Optical Communication, Sept. 1993
[9] Stubkjaer et al., "Optical wavelength converters", invited paper at European Conf. on Optical Communication, Sept. 1994, Firenze, pp. 635-642
[10] N.J. Frigo et al., "Demonstration of performance-tiered modulators in a WDM PON with a single shared source", European Conf. on Optical Communication, Sep. 1995, Brussels, pp. 441-444
[11] A.M.J. Koonen et al., "HDWDM upgrade of CATV fibre-coax networks for broadband interactive services", invited paper at European Conf. on Optical Communication, Sept. 1996
[12] Advanced Communications Technologies and Services (ACTS) 1995, European Commission DG XIII-B, ISBN 92-827-4717-4, p. AC028; AC028 home page:
http://wwwtios.cs.utwente.nl/ctit/projects/tobasco

Voordracht gehouden tijdens de 443e werkvergadering

Deze tekst is mede gebaseerd op "Netwerken in een ander licht", oratie gehouden aan de Universiteit Twente op 14 oktober 1993 door A.M.J. Koonen en A.C. van Bochove.

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP

UITNODIGING NERG WERKVERGADERING 444

Datum:	woensdag 20 maart 1996
Locatie:	TU Eindhoven
Zaal:	Auditorium, Collegezaal 12
Adres:	Den Dolech
Plaats:	Eindhoven
Tijdstip:	9.00 - 17.00

Onderwerp
ONDERZOEKSCHOOL COBRA

In het kader van het jubileumjaar zal het frequentiespectrumdoorlopen worden. In deze werkvergadering zal aandacht besteed worden aan het Interuniversitair Onderzoekinstituut COBRA: Communication Technologies, Basic Research and Applications. COBRA verricht onderzoek naar en verzorgt onderwijs in de enabling technologies voor telecommunicatie en transport van informatie. De activiteiten binnen COBRA lopen van fundamenteel onderzoek naar nieuwe materialen en devices tot en met systeemtoepassingen.. De COBRA-sprekers zullen ruime aandacht besteden aan diverse aspecten van de enabling technologies en ingaan op de toepassingen.
Daarnaast zal de prijsuitreiking van de jubileumprijsvraag plaatsvinden aan de beste inzendingen van de TU Eindhoven.

PROGRAMMA

09.00 Ontvangst deelnemers met koffie
09.30 Algemene ledenvergadering NERG
10.30 Prijsuitreiking Jubileumprijsvraag
11.00 Koffie
11.30 Inleiding dagvoorzitter:
Prof.ir. G.D. Khoe, lid COBRA bestuur
11.40 Fysische concepten in de opto-elektronica;
Prof.dr. J.H. Wolter, TU Eindhoven
12.30 Lunch
13.45 Passieve componenten voor opto-elektronische toepassingen;
Dr. M.K. Smit, TU Delft
14.30 Infrastructuur voor de elektronische snelweg;
Prof.dr.ir. W.C. van Etten, TU Twente
15.15 Magnetische multilagen, fysische concepten en toepassingen;
Prof.dr.ir. W.J.M. de Jonge, TU Eindhoven
16.15 Voor een beperkte groep is een bezoek mogelijk aan het micro elektronica laboratorium van
Prof.dr. L.M.F. Kaufmann, TU Eindhoven
tevens de mogelijkheid na te praten in de bar WALHALLA
17.00 Einde

Aanmelding voor deze dag dient te geschieden door de aanmeldingskaart vóór 13 maart aanstaande te zenden aan het NERG, Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.

De werkvergadering is gratis voor leden, de kosten voor de lunch bedragen *f* 20,-. Van introducés wordt daarnaast een bijdrage van *f* 20,-. Gevraagd voor de werkvergadering. De totale kosten dienen vooraf te

worden overgemaakt op girorekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.

Het aantal deelnemers is beperkt tot 80. Tijdstip van ontvangst van de aanmelding is beslissend voor deelname. Als blijkt dat u wegens overtekening niet kunt deelnemen, ontvangt u hierover van ons bericht.

Namens het NERG,
ir. W. van der Bijl (programma manager NERG)
dr.ir. M.H.A.J. Herben (TU Eindhoven).

De prijs voor de beste inzending van de TU Eindhoven in het kader van de jubileumprijsvraag NERG werd toegekend aan de heer Jeroen Boschma, student aan de TU Eindhoven.



Foto Technische Universiteit Eindhoven
Stafgroep Reproductie en Fotografie

Foto van de uitreiking van de prijs door ir. P.G.M. Baltus (links op de foto) aan de heer J. Boschma

COBRA

Prof. Ir G.D. Khoe

Technische Universiteit Eindhoven

COBRA is het Nationaal Centrum voor onderzoek en onderwijs in de enabling technologies voor communicatie en informatie. De missie van COBRA is de generatie en overdracht van kennis op dit gebied. In een gezamenlijke actie van de ministers van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen en van Economische Zaken is de Technische Universiteit Eindhoven aan-gewezen als Nationaal Zwaartepunt voor III-V halfgeleiders en opto-electronica. Dit centrum heeft zich ontwikkeld in het Interuniversitair Onderzoekinstituut COBRA (COmmunication Technology: Basic Research and Applications) voor onderwijs en onderzoek op het gebied van de communicatie-technologie. De activiteiten zijn gegroepeerd en lopen van fundamenteel onderzoek aan nieuwe materialen en devices tot en met systeem toepassingen. Rode lijn in al de programma's is de *verticale integratie*, d.w.z. de inpassing van al het onderzoek gericht op de (mogelijke) toepassingen en de inpassing hiervan in het bedrijfsleven.

Enabling Technologies

De huidige ontwikkelingen op systeemgebied zijn ondenkbaar zonder de vooruitgang die het afgelopen decennium heeft plaatsgevonden zowel op het gebied van de ontwikkeling van de fabricage- en de analysetechnologie voor de benodigde bouwstenen en materialen als ook bij de exploitatie van de fysische, mechanische, thermische, chemische en elektrotechnische eigenschappen van deze bouwstenen en materialen.

III-V-Technologie.
ZO vormt III-V-technologie de basis voor de fabricage van hoogfrequente bouwstenen als *double barrier resonant tunnelling diodes* (DBRTs) en *high electron mobility transistors* (HEMTs). Monolithische integratie van elektronische en optische structuren ter verkrijging van snellere en hoogfrequentere schakelingen zal de komende jaren een nog hogere vlucht nemen.

Door de technologische vooruitgang worden de afmetingen van de structuren vergelijkbaar met de karakteristieke lengteschaal, *i.e.* de golflengte van de golffunctie. Hierdoor worden de eigenschappen van deze structuren afhankelijke van de grootte en de vorm en ligt de weg open naar structuren met nieuwe eigenschappen die bepaald worden door twee dimensies (b.v. *quantum wells* of *micro-Fabry-Perot cavities*), één dimensie (b.v. *quantum wires*) of geen dimensie (b.v. *quantum dots*).

Depositietechnieken
Depositietechnieken als CBE, MBE, MOCVD, ALE, UHV-opdampen en laserablatie maken het mogelijk materiaallagen gecontroleerd op atomaire schaal te fabriceren. Ook is het op deze wijze mogelijk multilagen, bestaande uit verschillende dunne materiaallagen, te fabriceren. Deze multilagen hebben eigenschappen, zoals bijvoorbeeld een 'giant' magnetoweerstandseffect (GMR), die sterk kunnen afwijken van de eigenschappen van de afzonderlijke materiaallagen waaruit de multilagen zijn opgebouwd. Voor verdere vooruitgang in de commununicatietechnologie op het geschetste ontwikkelingspad is actief (fundamenteel) onderzoek op het gebied van de materialen onontbeerlijk.

Onderzoeksdoelen

Om opde ontwikkelingen in de communicatietechnologie op adequate wijze in te kunnen spelen, zijn binnen COBRA een drietal verticaal geïntegreerde, multidisciplinaire onderzoekprogramma's gedefinieerd, respectievelijk op het gebied van "hoge capaciteit systemen", "flexibele netwerken" en "lokale netwerken". Doel van deze programma's is het vergaren van "state-of-the-art" kennis op deze gebieden, om zo in staat te zijn effectief bij te dragen aan onderzoeks- en opleidingsprojecten van en voor het bedrijfsleven. In deze programma's worden onderzoeksactiviteiten uitgevoerd op de drie focusseringsgebieden:

- breedband telecommunicatie en multidimensionele communicatienetwerken
- ontwerptechnologie voor netwerken en netwerkmodules
- fysica en technologie van materialen en bouwstenen

en hun applicaties in communicatiesystemen. Er is samenwerking met groepen en instituten buiten COBRA en met het bedrijfsleven om optimale inpassing van het onderzoek te garanderen.

Geïntegreerde Programma's

Het onderzoek van de onderzoekprogramma's betreft onderzoek aan samengestelde halfgeleiders, aan optische polymeren, aan optisch actieve glazen alsmede aan onder-

zoek aan metallische en magnetische films en multilagen, aan oppervlakken van halfgeleiders, metalen en oxiden, aan laagdimensionele elektronengassen en fononen in halfgeleiders en aan andere materialen of combinaties van materialen. Van al deze materiaalsystemen worden de fysische, mechanische, thermische, chemische en de elektrotechnische aspecten onderzocht alsmede hun mogelijke integratie en toepassing in hybride subsystemen, zoals nieuwe opto-elektronische devices, elektronische componenten voor hoogfrequent toepassingen, golfgeleiders, modulatoren, lasers, snelle (elektro-optische) schakelelementen en (magneto-optische) componenten voor opslag en verwerking van informatie en informatieopslag, met optische, magnetische of radiotechnieken. Deze worden toegepast als actieve componenten in breedband communicatiesystemen (ten behoeve van informatieoverdracht en informatieopslag), zoals optische netwerken. Fabricage- en karakeriseringstechnieken voor bovenstaande materiaalsystemen en bouwelementen worden onderzocht en ontwikkeld en/of verder verfijnd (zoals diverse UHV opdamp-, sputter- en laserablatie-opstellingen, MBE, CBE, LEIS, ALE, AFM, E(A)RISS, SPA-LEED, ESCA, ellipsometrie) opdat de micro-elektronica faciliteiten flexibel en "up-to-date" blijven en tijdig op de nieuwste ontwikkelingen op het vakgebied kan worden ingesprongen.

Hoge Capaciteit Systemen.
Het programma "Hoge Capaciteit Systemen" is gericht op vergroting van de informatie*transport*capaciteit door middel van nieuwe technieken, zoals solitonen (korte, niet-lineaire optische pulsen) en optische versterking. Hiertoe wordt binnen COBRA onderzoek gedaan naar nieuwe glasachtige materialen gedoteerd met zeldzame-aarde-ionen voor toepassing in optische versterkers. Verder wordt de opwekking, de detectie en de verwerking van solitonen onderzocht. Voor het (be)sturen en bewerken van grote informatiestromen zijn hybride vormen van elektrische en optische technieken in ontwikkeling, die nieuwe hoge eisen stellen ten aanzien van materialen en bouwstenen. Daarom zijn ook de karakterisering en de fabricage-technologie van (halfgeleider) bouwstenen en fysische concepten van halfgeleiders en halfgeleider-structuren onderwerp van onderzoek in dit programma.

Flexibele Netwerken.
"Flexibele Netwerken" worden een aantal afzonderlijke projecten uitgevoerd. COBRA, MESA, AMOLF en PTT Research werken samen in het IOP-project "Multi-Access Optical Coherent Network". Doel van dit project is, te komen tot nieuwe goedkope geïntegreerde laser-transceivers en optische versterkers voor gebruik in optische netwerken. De COBRA-bijdrage betreft het ontwerp, de fabricage en de karakterisering van de laser-transceivers. Voor de fabricage van de optische en de electro-optische componenten en bouwstenen, zoals golfgeleiders, couplers, detectoren,
etc., wordt gebruik gemaakt van de ontwikkelde InGaAsP/InP technologie. Het IOP-project "Semiconductor Devices for Multi-Dimensional Systems" is gericht op het toepassen van nieuwe fysische concepten in laagdimensionele halfgeleiderstructuren om verbeterde discrete devices te verkrijgen. In dit kader wordt gewerkt aan twee types *vertical-cavity-surface-emitting lasers* (VCSEL) met GaAs/AlAs *distributed bragg reflectors* (DBR) en aan innovatieve gelaagde n-i-p-i halfgeleiderstructuren voor *large scale integrated switching arrays* en voor *wavelength division multiplexing* (WDM) toepassingen. Verder wordt binnen dit project gewerkt aan monolithische integratie van *metal-semiconductor-metal photodetectors* met *high electron mobility transistors* (HEMT) ter verkrijging van snellere, hoogfrequentere opto-elektronische geïntegreerde schakelingen. COBRA, MESA en PTT Research werken samen in het project "Multi-Access Multi-dimensional Optical Networks" aan onderzoek naar verbindingen op basis van meergolflengten-technieken tussen bedrijfnetten via optische knooppunten. COBRA verzorgt in dit project de ontwikkeling en de fabricage van optische functionele componenten voor de optische knooppunten en de implementatie van protocolfuncties in optische breedbandnetwerken.

Lokale Netwerken.
In het programma "Lokale Netwerken" wordt onderzoek gedaan naar methoden om toekomstige diensten (zoals multimedia, *teleshopping*, *teleworking*, *video on demand*, *pay per view*, etc.) op goedkope en efficinte wijze naar de abonnees te brengen. Enerzijds wordt gewerkt aan de toepassing van goedkope polymeervezels, anderzijds wordt, in samenwerking met Philips Consumer Electronics onderzoek gedaan naar de optimale wijze om in netwerkknooppunten de informatiestroom te verwerken. Verder wordt in dit programma onderzoek verricht naar de optimale combinatie van radiocommunicatie en op glasvezelnetwerken gebaseerde basis stations ten behoeve van 'mobiele glasvezelnetten'. Ten behoeve van dit programma wordt in nauwe samenwerking met de Europese elektronica-industrie (Philips, Siemens, Thomson) ook gewerkt aan de vergroting van informatie-opslagcapaciteit alsmede aan het in- en uitlezen van informatie via sensoren op micro- of nanometerschaal. Daartoe wordt gebruik gemaakt van artificieel gelaagde en gestructureerde magnetische en magneto-optische materialen die via manipulatie van magnetische-, optische- en transporteigenschappen toegepast kunnen worden als micro- of nanodevices voor geheugen-, schakel- of sensorfuncties.

Omvang COBRA

Participerende onderzoeksgroepen
Zestien onderzoeksgroepen van de disciplines Technische Natuurkunde, Elektrotechniek en Technologische Scheikunde van de drie technische universiteiten in Nederland hebben hun inspanningen gebundeld in het Interuniversitair Onderzoekinstituut COBRA ter verkrijging van toegevoegde waarde in hun onderwijs en onderzoek:

Technische Universiteit Eindhoven

Faculteit Technische Natuurkunde (TUE-N)
- Halfgeleider Fysica - Prof.Dr. J.H. Wolter
- Fysica van Oppervlakken en Grenslagen - Prof.dr. H.H. Brongersma
- Lage Temperaturen - Prof.dr. A.T.A.M. de Waele
- Cooperatieve Verschijnselen - Prof.dr.ir. W.J.M. de Jonge
- Theorie van de Vaste Stof - Prof.dr. W. van Haeringen

Faculteit Elektrotechniek (TUE-E)
- Electro-Optische Communicatie Systemen - Prof.ir. G.D. Khoe
- Radiocommunicatie - Prof.dr.ir. G. Brussaard
- Elektronische Bouwstenen - Prof.Dr.-Ing. L.M.F. Kaufmann
- Elektrotechnische Materiaalkunde - Prof.dr. T.G.M. Kleinpenning
- Ontwerpkunde voor Elektronische Systemen - Prof.Dr.-Ing. J.A.G. Jess

Faculteit Scheikundige Technologie (TUE-T)
- Chemische Procestechnologie - Prof.dr.ir. H. de Waal
- Organische Chemie - Prof.dr. E.W. Meijer
- Vaste Stof Chemie en Materialen - Prof.dr. F.J.J. van Loo

· **Technische Universiteit Delft**

Faculteit Elektrotechniek (TUD-E)
- Elektrotechnische Materialen - Prof.dr. C.I.M. Beenakker
- Telecommunicatie en Teleobservatie Technologie - Prof.dr.ir. L.P. Ligthart

· **Universiteit Twente**

Faculteit Elektrotechniek (UT-EL)
- Tele-Informatica en Open Systemen - Prof.dr. A.C. van Bochove

Personele inzet
In totaal waren er op 1 mei 1995 175 mensen in COBRA ingezet. De verdeling van de fte's (fte= full time equivalent) over de in COBRA participerende faculteiten geeft het volgende beeld:

TUE-N:	59	TUD-E:	6,3
TUE-E:	30,2	UT-EL:	3
TUE-T:	8,7		

Promovendi
Per 1 mei 1995 waren er 50 promovendi werkzaam in COBRA. De verdeling over COBRA geeft het volgende beeld:

TUE-N:	25	TUD-E:	3
TUE-E:	15	UT-EL:	2
TUE-T:	5		

Promoties 1992 t/m mei 1995
In totaal zijn er in deze periode 38 promovendi gepromoveerd. Verdeeld over de faculteiten geeft dit het volgende beeld:

TUE-N:	14	TUD-E:	2
TUE-E:	19		
TUE-T:	5		

Werkkring gepromoveerden
Van de gepromoveerden blijkt ruim de helft een nieuwe werkkring in het bedrijfsleven te vinden:

Bedrijfsleven:	21
Universiteiten:	7
Anders:	4
Werkloos:	3
Onbekend:	3

Voordracht gehouden tijdens de 444e werkvergadering

INFRASTRUCTURE FOR THE ELECTRONIC HIGHWAY

by

W. van Etten

University ofTwente



Abstract

An infrastructure for the electronic highway is proposed. It comprises all network levels, i.e. from the nationwide long haul network to the local networks. Optical fibre is considered to be the only transmission medium, for the fixed part of the network, that can deliver the aggregate capacity and reliability asked for by the various services. The different network layers are described in detail, together with the problems that will arise and possible solutions are given. For the long haul network this involves wavelength division multiplexing, optical time domain multiplexing and possibly soliton transmission. At the trunk and access level wavelength routing and switching will be the key items. Depending on the subscribers requirements different solutions for the local networks exist, including copper, fibre to the home and fibre to the curb.
The electronic highway is still under construction.

1. Introduction

The telephone network offers more and more new features. These new features invites the subscriber for increasing use of the telephony network and this increase will get an extra impetus when the ISDN concept is introduced on a large scale. Moreover, there is an ever growing interest in Internet facilities, including file transfer, video services, graphics, etc. At the same time a lot of secure data transfer is required for business subscribers. Apart from the telephony and data network we have those local networks for the distribution of audio and video signals, the so-called CATV networks. Most of these broadcast signals show an analog format nowadays, but in the next future this service will also rely on a digital signal format. In this telecommunication sector there is a growing demand for transmission capacity as well, due to the increase of offered broadcast channels and new services such as pay per view, video on demand, etc., which offer interesting entertainment services for the private subscriber. Altogether, these services ask for huge transmission capacity and a uniform, integrated transport network, since they tend towards an integrated approach at the service level. We believe that for the fixed part of such a network optical fibre is the only medium that can deliver the aggregate capacity, reliability and flexibility asked for by the different services.

In this paper an infrastructure for a broadband integrated network is proposed and described in Section II. The different levels to be distinguished in this architecture are elaborated more in detail in subsequent sections, namely Sections III deals with the long haul network, Section IV describes the trunk and access network and Section V is devoted to the local networks. Finally, in Section VI the Conclusions are presented.

2. The proposed infrastructure

A universal broadband network capable to deliver transport capacity for all the services mentioned in the introduction should satisfy the following requirements:

- optical transmission paths to the largest possible extent;
- hierarchically structured in layers;
- flexibility with respect to the routing of the signals;
- modularity, i.e. expansion on a node by node basis should be possible .

The network architecture given in figure 1 is a good candidate. it consists of a long haul network layer, where the aggregate transmission capacity per link is of the order of terabits per second. This level can be considered as the highest level in a country. At this level a few nodes are foreseen for instance in big towns. The nodes are provided

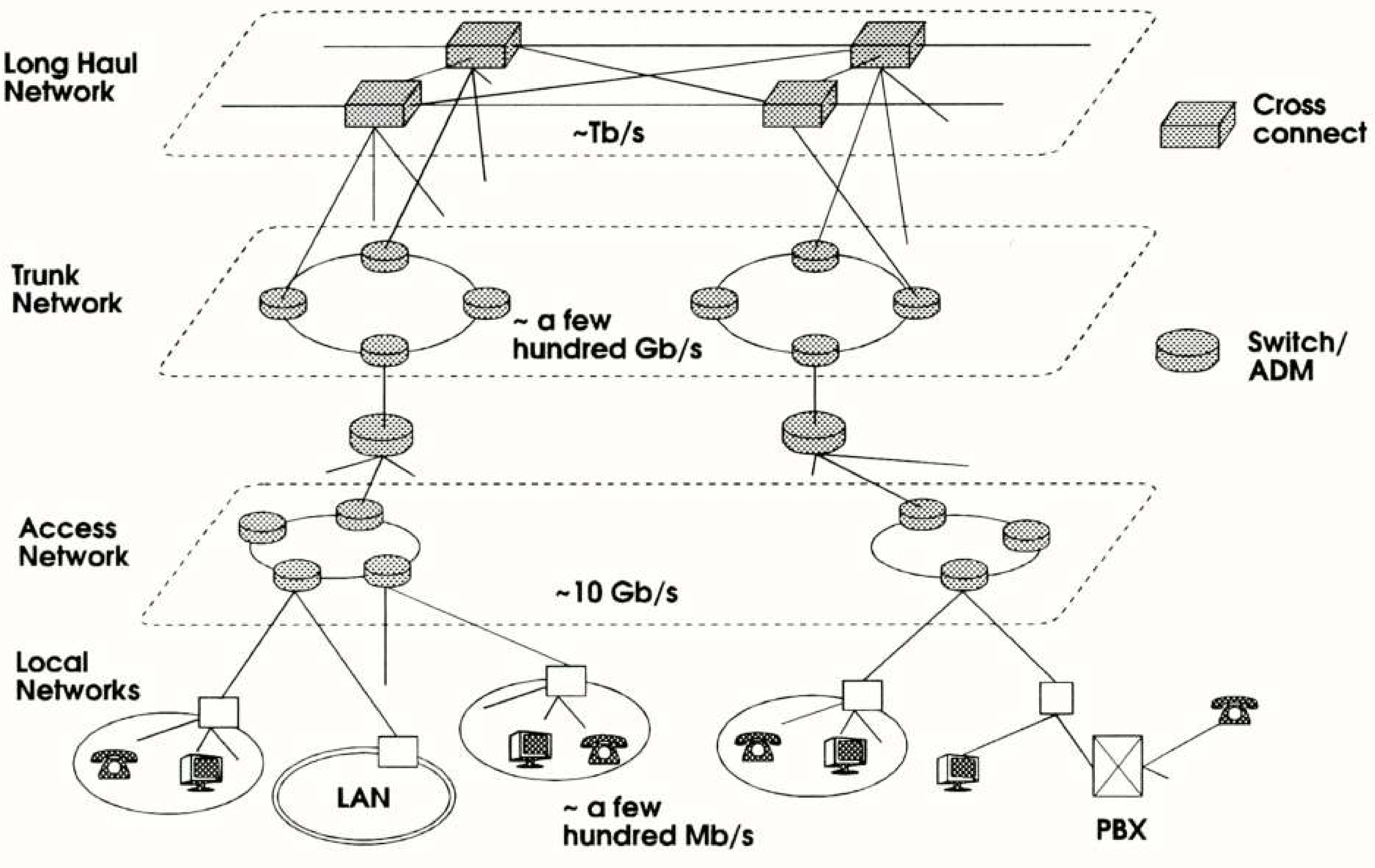


Figure 1. The proposed lightwave infrastructure for the electronic highway

with cross connects. For the time being these cross connects will be electronically, but in the future they will become optical cross connects. At this level the architecture is a fully connected mesh network.

Next lower level, the trunk network, has a different architecture. It is a set of rings provided with switches and add/drop multiplexers (ADM). They serve as an intermediate between the long haul network and the lower levels. The rings can be considered to provide a region with signals supplied by the long haul network or to collect the signals from that region for transmission to other regions, via the long haul level. Again the switches and ADM's will at the start consist of electronic devices, but will become optical devices in the future. The difference between a cross connect and a switch is characterized by its speed of switching. The connections set up in a cross connect may maintain during minutes, hours or even days, only changing when rerouting is required due to cable interrupt or disfunction of a node. A switch, however, should be as fast as to be able to change its state for purposes of packet switching. Via the switches and the ADM's signal paths to the lower levels are created. At the trunk level the link capacity is of the order of a few hundred Gb/s.

The access network is very similar to the trunk network, both with regard to its function and its architecture; the only differences are found in the scale and the data rates, which will be of the order of 10 Gb/s per link. This layer is intended to cover part of a geographical region, i.e. a big town, several medium scale towns or a group of villages.

Finally, the local networks may show different architectures, such as for example a star configuration for telephony, or a ring for a LAN in a business environment. The speed may be as high as a few hundred Mb/s. At this level it is by no means sure that the transmission medium will be optical fibre for all applications. Copper or hybrid fibre copper (HFC) can be more attractive from an economical point of view. More detailed architectures will be given in Section V.

Sometimes the terminology of the network layers differs from the one given here. The trunk network is also called core network and is sometimes split up in an inner core and an outer core network.

3. The long haul network

The crucial question at this level reads: how can the huge transmission capacity of optical fibre be used efficiently in order to achieve an aggregate bit rate in the terabit region? Problems met in increasing the speed of a single channel via a fibre are:

- the electronic bottleneck;
- fibre loss;
- fibre dispersion.

The electronic bottleneck is formed by limitation of the modulation speed of electronic components, including the electro-optic and opto-electric converters. For current IC technology this limit will be of the order of 10 Gb/s.

In order to guarantee a minimum probability of error in detecting the optical pulses (representing the information bits) a minimum number of photons per bit should arrive at the receiver. This minimum number amounts to 10 photons/bit theoretically, but in practice it has to be a few hundred [1]. When increasing the bit rate the number of photons per bit decreases, since the optical power emitted

by a laser is limited to let us say 10 mW. This means that link loss stemming from fibre losses, losses in splices and connectors, and losses in optical devices such as switches and multiplexers become critical.

Finally, dispersion can put a limit to the signalling speed, since this effect broadens the optical, information carrying pulses [1].

In the following we shall discuss how those three limitations can be evaded.

Speed limitations due to the electronic bottleneck can be avoided by wavelength division multiplexing (WDM) or by optical time domain multiplexing (OTDM). In WDM the light of several lasers, each emitting at a different wavelength, is merged in a single fibre (see also [2]). At the receiving side of the link the different wavelengths are separated spatially by means of an optical demultiplexer (see [2] and figure 2).

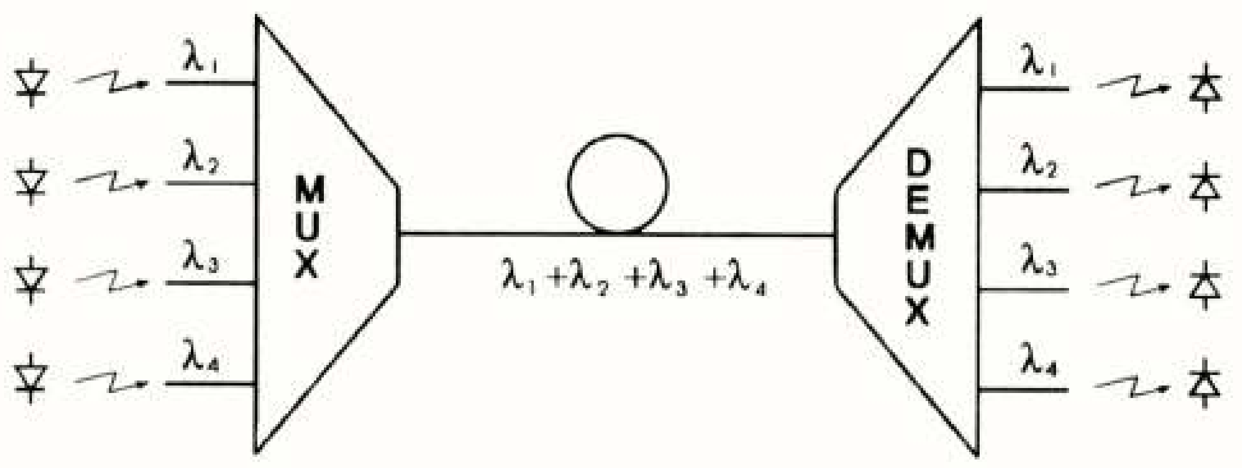


Figure 2. General scheme of wavelength division multiplexing

In this way the link capacity is multiplied by the number of WDM channels with respect to the single laser case. In OTDM the time domain multiplexing is not performed by electronic means, but by optical circuits (see figure 3).

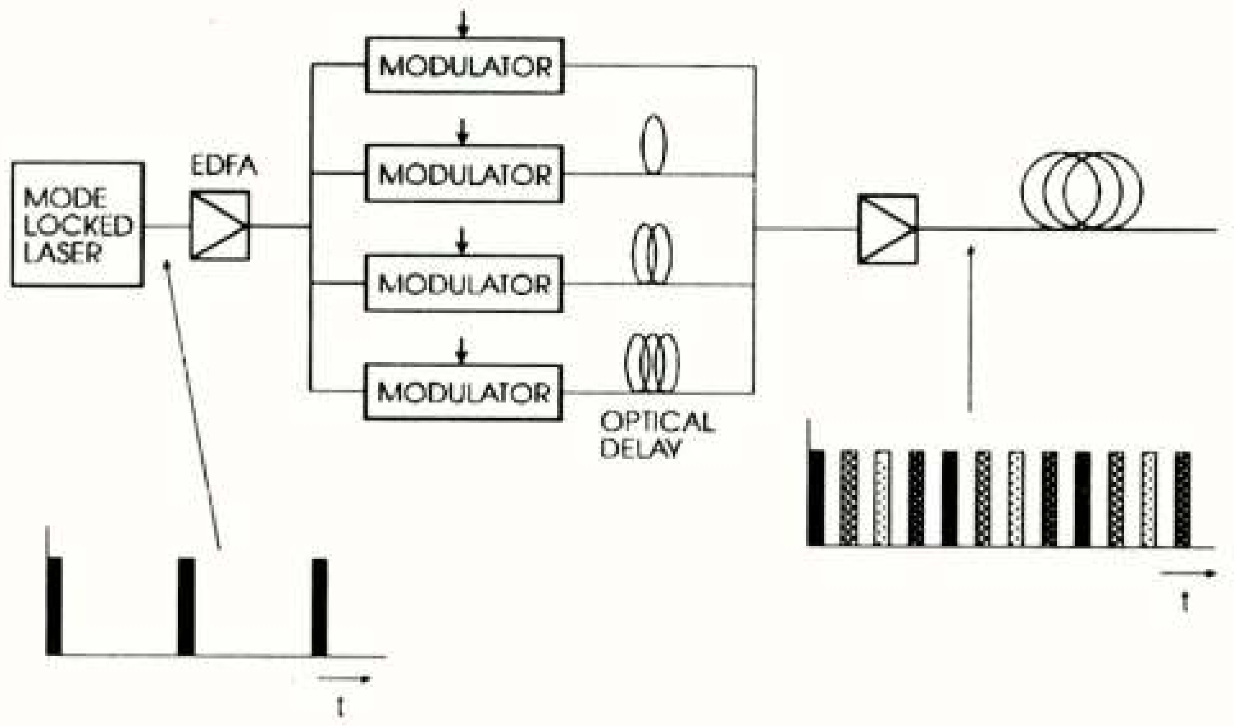
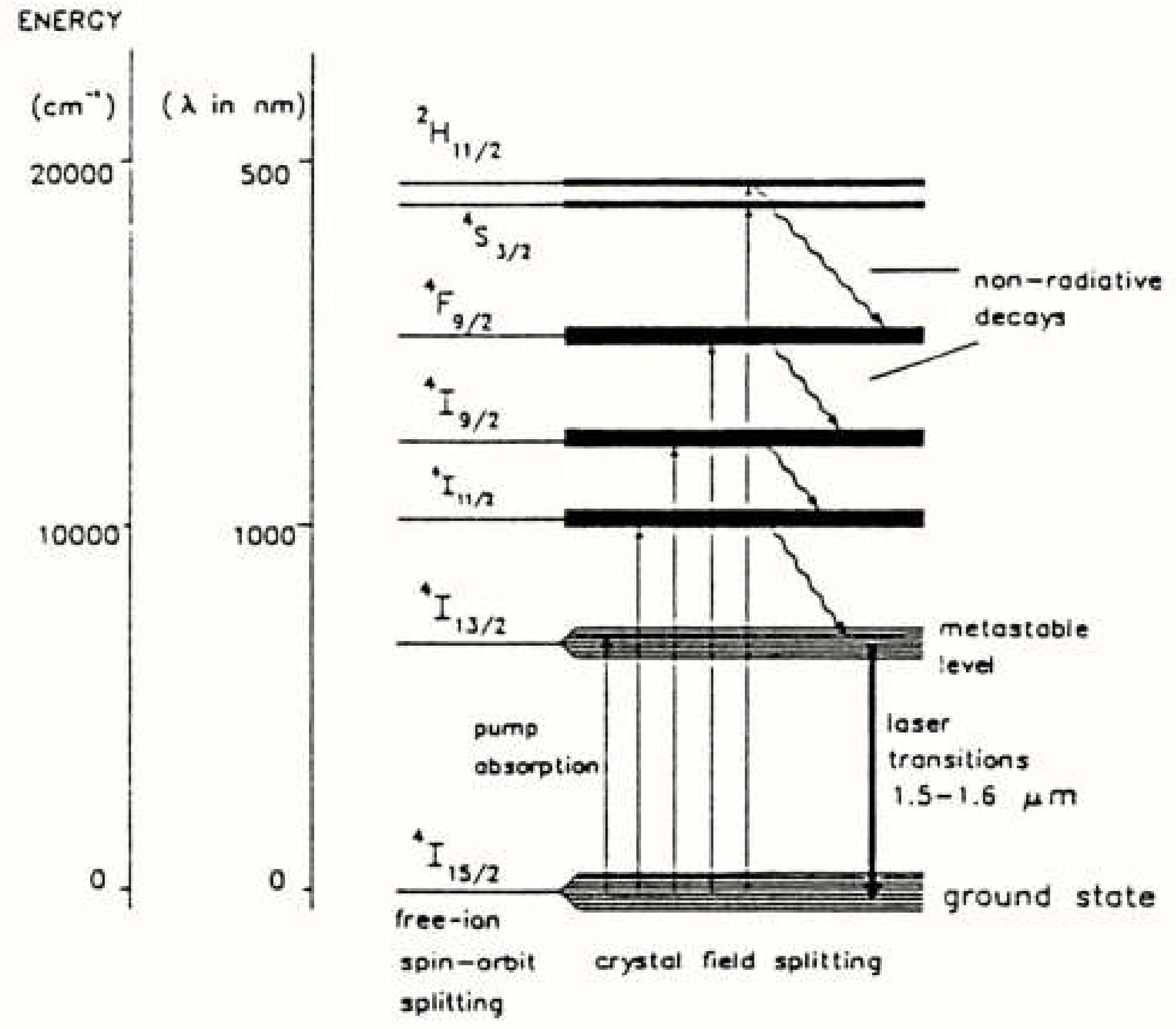


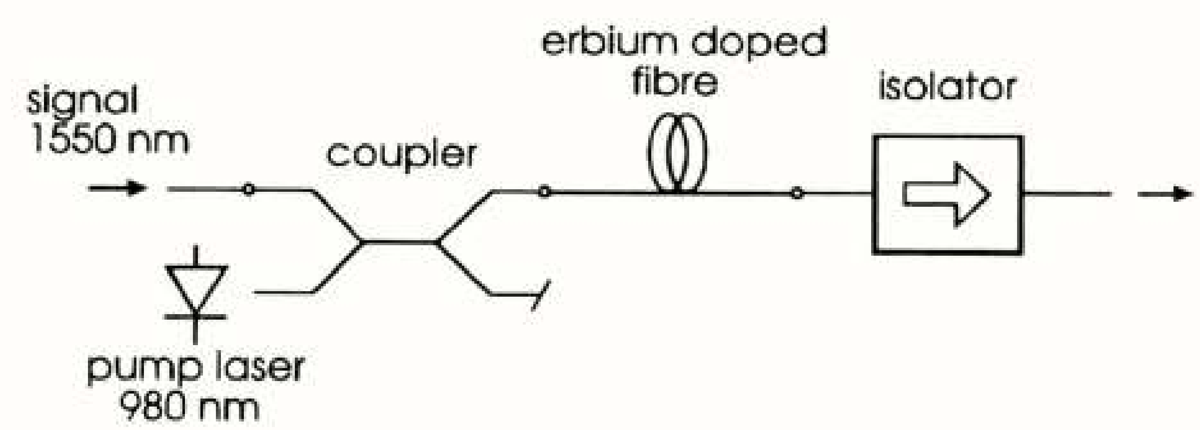
Figure 3. *Principle of optical time domain multiplexing (OTDM).*

A mode locked laser generates short optical pulses with a relatively low repetition rate [3]. These pulses are unmodulated and split up into several partitions, each supplied to an optical modulator. The modulators modulate the pulses with the data streams to be multiplexed. Next the optical modulated pulses are delayed, except the pulse in the first branch. When there are N modulators the delay in the second branch amounts to T/N, in the third branch $2T/N$, etc., where T represents the bit time of the tributary data streams. After the delays the pulses merge into the time multiplexed aggregate data stream. Note that the modulators operate at the lower speed of the tributary data streams and not at the high speed of the multiplexed data stream. To compensate the losses in the splitter, the wave combiner and the modulators, optical amplifiers (erbium doped fibre amplifiers, abbreviated as EDFA's) are used.

As mentioned at the end of previous paragraph optical losses can be compensated by optical amplifiers. It is well known that silica fibres show a minimum loss of 0.2 dB/km at a wavelength of ca. 1550 nm [1]. So in the long haul network this wavelength is the most interesting one from the viewpoint of loss. This means that the amplifiers should operate at the same wavelength. Erbium doped fibre amplifiers satisfy this requirement. Silica fibre doped with erbium shows the electron energy level scheme as given in figure 4 a.



(a)



(b)

Figure 4 a) The electron energy levels in erbium doped silica.
b) Scheme of an erbium doped fibre amplifier (EDFA).

When such a fibre is illuminated by light with a photon energy equal to the difference in energy between two states,

the photons will be absorbed, elevating electrons to the higher energy level. This process is called optical pumping and rather effective pumping wavelengths are 1480 nm and 980 nm. Many higher levels exist, but most of them are not stable, i.e. the electrons decay with a relatively short decay time to a so-called meta-stable state, which is in a band of levels next higher to the ground state. The electrons remain relatively long at this level and in the erbium doped silica system this level corresponds to a wavelength that is 1550 nm above the ground state, a wavelength that is of great interest for long distance communication, since silica fibres show the loss minimum at that particular wavelength.

When an erbium doped fibre is in the excited state, such that population inversion occurs, information signal photons at a wavelength of 1550 nm may cause stimulated emission. In this way the information signal is amplified. The scheme of a practical amplifier is given in Fig. 4 b. Combining of the 980 nm pump power and the 1550 nm signal in the branches with the erbium doped fibre is accomplished by a coupler (fibre or integrated optic device). Couplers show a wavelength dependence, but the selectivity is small so that it is of no use for WDM [2]. However, for the application at hand the selectivity is sufficient. Mostly, an optical isolator [1] is placed between the erbium doped fibre and the output in order to prevent oscillations that may arise from reflections. For the 1300 nm wavelength region praseodymium doped fibre amplifiers are available as well as semiconductor amplifiers. Part of the excited state electrons will decay spontaneously, in this way producing noise. Due to the accumulation of noise the number of amplifiers in a link will be limited. System analysis can give an optimum distribution of the amplifiers over the link [3].

Next problem to be dealt with is the fibre dispersion, a phenomenon that results from the fact that different components of the optical spectrum show different delays in a fibre. In cases this delay is non-linear with respect to the optical frequency, broadening of the optical transmitted pulses will result. Fig. 5 shows the dispersion characteristic of standard silica fibre. Unfortunately, at the wavelength of minimum loss the dispersion amounts to approximately 20 ps/km/nm, whereas the dispersion becomes zero at a wavelength of 1320 nm, where the loss is ca. 0.5 dB/km.

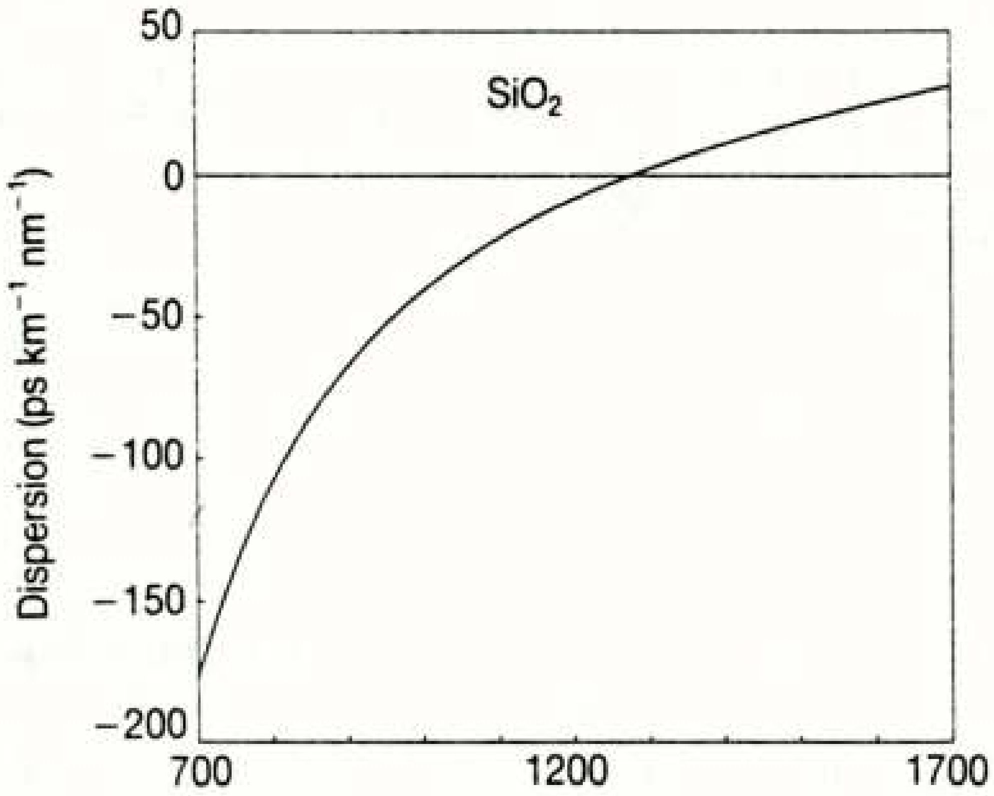


Figure 5. Dispersion parameter as a function of wavelength for silica fibre.

Apart from the standard fibre so-called "dispersion shifted fibre" is available; this fibre shows its zero dispersion point at 1550 nm, however, at the cost of a little greater loss and a higher price. Different dispersion compensating techniques have been proposed [4], among them a method where part of the link consists of fibre with positive dispersion and part of the link with negative dispersion. An interesting method to use dispersion to prevent pulse broadening is the use of so-called soliton transmission. This can be understood when realizing that fibres show in fact non-linear behaviour, i.e. the refractive index n depends on the field in the following way

$$n = n_0 + n_2 |E|^2 \tag{1}$$

Due to this nonlinearity a pulse that is transmitted as a monochromatically modulated wave, after traversing a piece of fibre shows a shift to a higher frequency at the leading edge of the pulse and shifts to a lower frequency at the trailing edge of the pulse; this frequency shift is called chirp. A monochromatic pulse that has experienced dispersion shows chirp as well, but in the opposite way, i.e. during the leading edge the frequency has decreased, whereas during the trailing edge the frequency has increased. In both cases, the dispersive chirp and the chirp due to nonlinearity, the frequency shift depends on the shape of the modulating pulse. One may wonder whether there exists a pulse shape such that the chirp due to nonlinearity cancels out the chirp due to dispersion. Indeed, such a pulse shape can be found [5] and reads

$$p(t,z) = A\,sech^2\left(\frac{t - \beta_0' z}{\tau}\right) \tag{2}$$

where $p(t,z)$ is the optical power as a function of time and position along the fibre, A is the pulse amplitude, sech is the hyperbolic secant function, t is the characteristic pulse width and b_0' is the first derivative with respect to frequency of the specific phase shift of the fibre. The product $b_0'z$ represents merely the delay of the pulse over a distance z of the fibre, due to the velocity of the light. The pulse given by equation (2) has been depicted in figure 6.

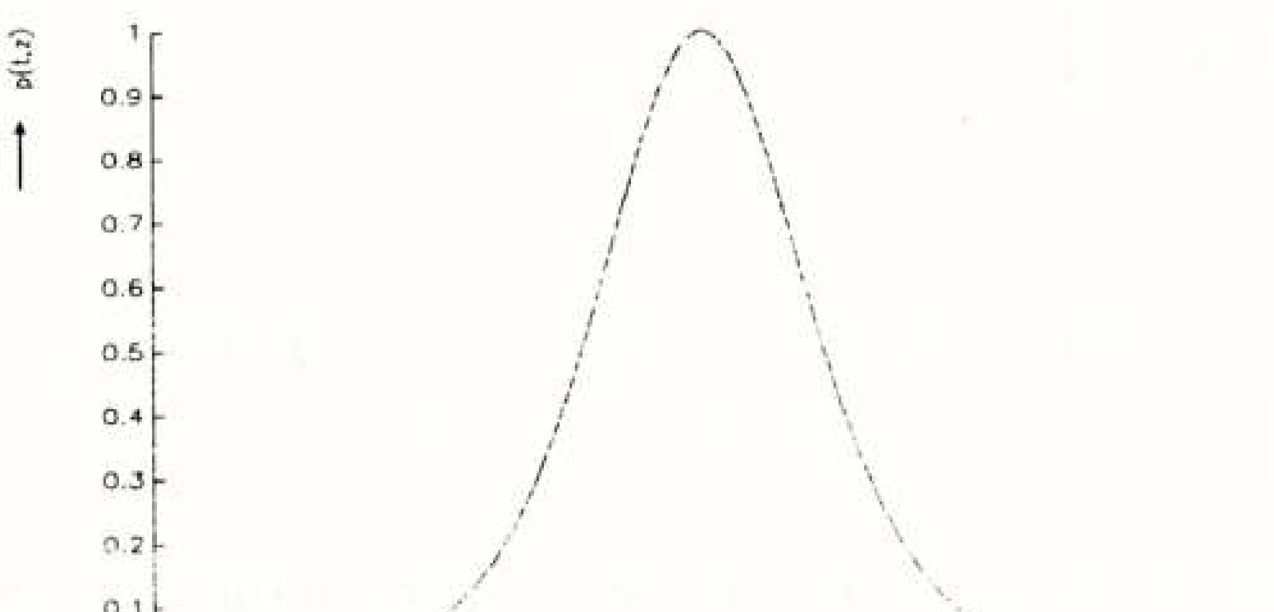


Figure 6. *The shape of thesoliton pulse*

There are different kinds of solitons, but the one presented here is the most interesting from a transmission point of view. It can only exist when the fibre is operated at a wavelength that is beyond the point of zero dispersion. The energy carried by a soliton pulse reads

$$W_s = \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}\; B\, \frac{n_0^{2}|\beta_0''|}{n_2 \beta_0\, \tau} \qquad (3)$$

where B is the effective area of the fibre mode, ε_0 and μ_0 are the permitivity and permeability of vacuum respectively, and β_0'' is the second derivative of the specific phase shift and represents the dispersion parameter. The soliton peak power is found to be

$$P_{\max} = \frac{W_s}{2\tau} \qquad (4)$$

From this it follows that the narrower the pulse, the higher both the pulse energy and the peak power should be. On the other hand, the soliton energy and peak power will get lower when β_0'' becomes smaller, provided that the soliton pulse width τ remains the same. Due to fibre loss the peak power will decrease while the soliton pulse is traveling along the fibre, at the same time the pulse broadens. However, insertion of optical amplifiers at regular distances along the fibre will regain the power and at the same time restore the smaller pulse width in accordance with equation (4). When the pulses are not regenerated timely the soliton will degenerate into an ordinary pulse. Operation of an optical fibre system near to the zero dispersion wavelength enables the use of soliton transmission with optical powers that can readily be generated by semiconductor lasers, which are the most popular light sources for optical communication applications. Very short soliton pulses (in the picosecond region) can be produced and these short pulses can be maintained when amplified in the proper way, so that very high bit rate systems are achieved.

4. The trunk and access network

Going from the long haul level to the trunk and access levels, the required transmission speed becomes less and less important, but flexibility of the data streams becomes more and more an issue. This flexibility is achieved when extensively use is made of WDM and by using wavelength routing, and ATM (asynchronous transfer mode) transmission in the time domain.

The wavelength routing is extensively discussed in [2] and is mainly based on wavelength demultiplexers. At the trunk and access network level the routing nodes can be provided with flexibility when switches are inserted in between the multiplexers. This is shown in figure 7. The input signal is split up in its N constituting wavelengths. There is a second input, named "added signal", which may carry the same set of wavelengths, and which are split up likewise. Corresponding wavelengths are applied to optical cross-bar switches. In this way the wavelengths of the inputs can cross-bar be connected to the outputs. The given configuration is in fact an add/dropmultiplexer. If a certain

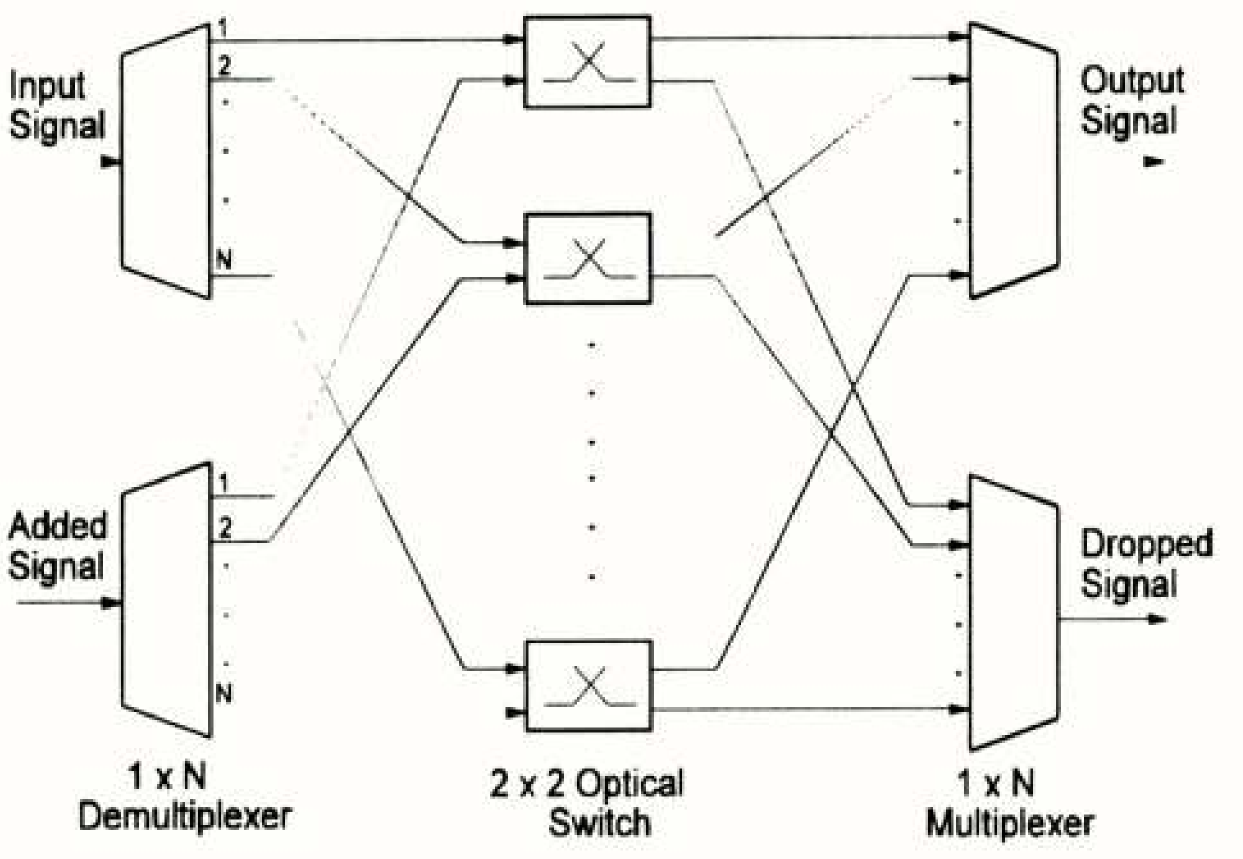


Figure 7. *Wavelength routing node with optical switches to form a dynamic add/drop node.*

switch is in the bar state, the corresponding wavelength in the "input signal" is connected to the "output signal", which will have a destination for a distant node in the network. If the switch is in the cross state the wavelength from the "input signal" is dropped to the "dropped signal" output and available for local use or tap off. Then the corresponding wavelength from the "added signal" input can be coupled to the "output signal" and inserted in the mainstream for distant destination in the network.

ATM is a time domain multiplex method based on statistical or asynchronous multiplexing. It is basically a packet switched multiplex format with a fixed packet length of 53 bytes; those short and fixed length packets are called cells. The payload consists of 48 bytes, so that there remain 5 bytes for the header. This header, which contains among others the destination address, is protected by a cyclic redundancy check (CRC) code. The eventual protecting of the payload is left to the user. ATM uses a connection oriented transport protocol, which means that in order to be able to start sending information by means of ATM cells, a connection has to be set up. Once this connection has been established all cells of a session follow the same path through the network. In this way it is assured that all cells arrive at the destination in the proper order, although it is not guaranteed that all cells will reach their destination, since cell loss can not be excluded. ATM is able to combine several services in a single high speed data stream, i.e. constant bit rate services as voice and video, but also variable bit rate services like data, mail, file transfer, etc. Thanks to the fixed and short length of the cells fast handling in the nodes can be assured, so that delays are acceptable for this mix of services. ATM is considered as the workhorse for future Broadband ISDN (BISDN) [6]. Apart from the fact that network management facilities of ATM are still limited, there is still another drawback from the perspective of optical transmission, namely it may be required that in the nodes the headers not only have to be read, but should be changed as well. When changing the nodes into optical transparent nodes this asks for optical processing at bit level, which will be a difficult task. At the higher levels in the hierarchy ATM cells are grouped in larger modules and encapsulated in SDH (synchronous digital hierarchy), a digital transmission format designed for

high speed digital transmission via optical fibre. Doing so, the cell headers are difficult to change, but this is seldom required at those levels and the switching becomes more efficient.

The infrastructure given for the long haul, and the trunk and access networks have been implemented for the greater part, at least as far as the architecture and the optical fibre links concern. Thus far, in the nodes the signals are converted to the electrical domain for further processing and switching. All optical processing and switching in the nodes will be far ahead in the future.

5. Local networks

As in contrast to the other network levels, the architecture of the local networks is not uniquely defined; it will depend on the kind of local network. A telephone network and a network intended for the distribution of audio and video signals may ask for a star network, whereas a LAN in a business area may require a ring structure; more on LAN's is found in [7]. Especially at this level cost considerations play a decisive role with respect to the transmission medium to be used. Although the prices of the fibres are approximately at the same level as that of copper wires, the optical transmit and receive modules are much more expensive than their counterparts for the copper medium. Private subscribers are not prepared to pay as much for a connection as business subscribers; the latter mostly requiring other kind of services and greater reliability.

Based on these considerations the local networks may use as transmission medium:

- copper wire (coaxial cable or twisted pair);
- fibre;
- hybrid fibre/copper solutions.

Thus far, the copper solution is often chosen for the local telephone network. It is a cheap solution which serves well its goal. Moreover, recent developments have increased the capacity of twisted pairs, with emphasis on digital broadband services [8]. Those systems are known as ADSL (asymmetric digital subscriber line) and are capable of transporting 1.5 Mb/s to the user, besides the two way telephony service and a 9.6 kb/s two way control channel. HDSL (high bit rate digital subscriber line) can transport two times 768 kb/s in a two way service. It is expected that in the next future this capacity can be increased to 50 Mb/s.

A system carrying the information signal into the home by means of fibre is called fibre to the home (FTTH). An example is given in figure 8 a; it is a WDM network where the wavelength is used for addressing. Each of the N subscribers has been allocated a fixed wavelength and the addressing from CO (central office) to subscriber is achieved by imposing the information on the proper wavelength. At the CO the optical multiplexer has a span of $2N$ wavelengths; λ_1 to λ_N as inputs for downstream information flow and λ_{N+1} to λ_{2N} for information from subscriber to CO. A single fibre carrying $2N$ wavelengths, N for downstream traffic and N for upstream traffic, leaves the CO and brings the signals into the residential area of the subscribers. In this area an optical branching point with an optical multiplexer is placed. This multiplexer has a span of N; one fibre is connecting each multiplexer input/output with a subscriber. Every subscriber fibre carries two wavelengths, one for upstream and one for downstream.

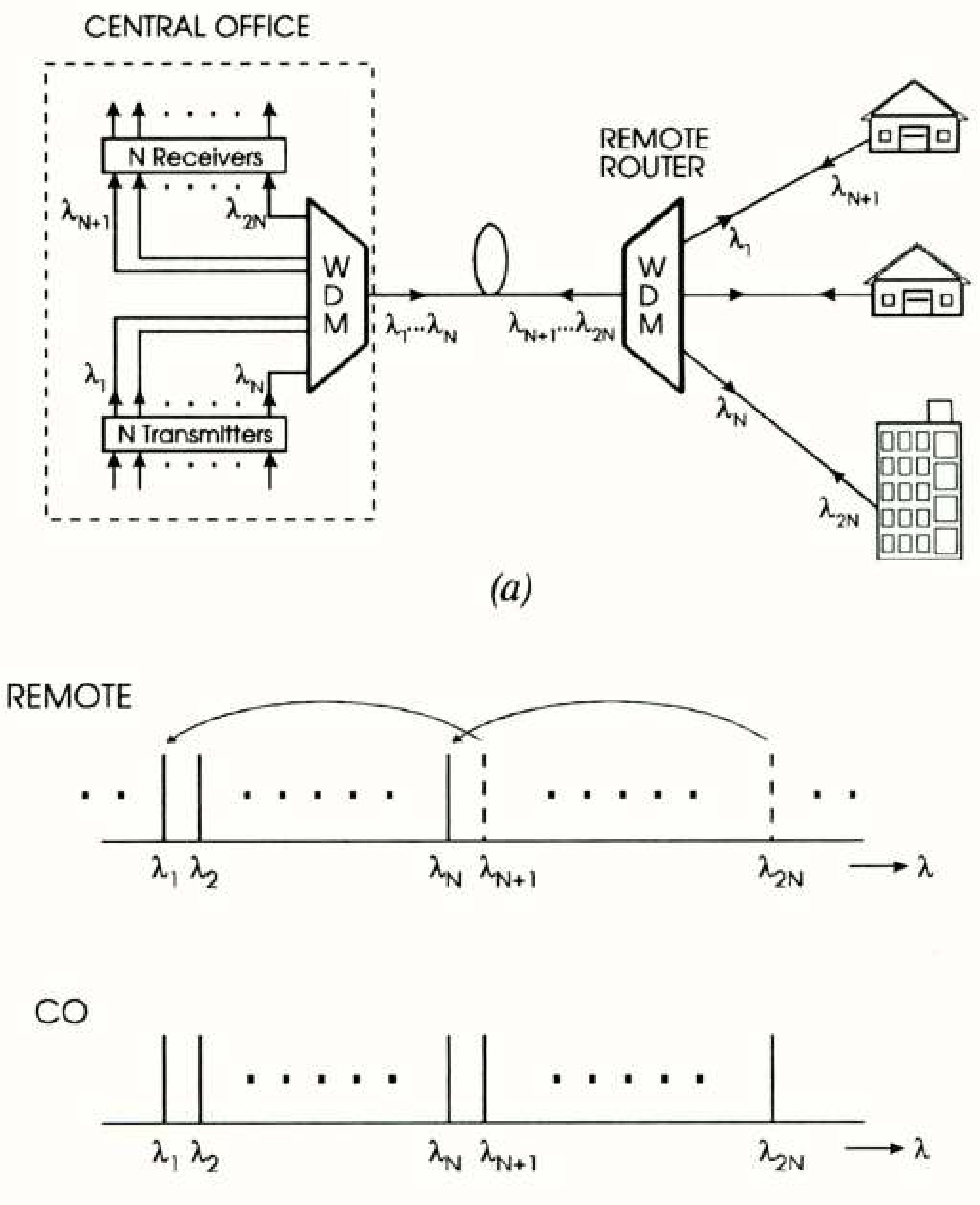


Figure 8. a) Fibre to the home with addressing by means of the wavelength
b) Wavelength scheme

Most optical multiplexers show a periodic behaviour and in this case cleaver use is made of this property. The periodic multiplexer has been designed such that when λ_1 corresponds to a certain output, then λ_{N+1} corresponds to the same output, etc. (see figure 8 b). In this way the same multiplexer output can serve for downstream traffic on λ_1, as well as for upstream traffic on λ_{N+1} for the same subscriber.

For the hybrid fibre/copper system two subsystems are distinguished, namely fibre to the curb (FTTC) and fibre to the building (FTTB). Both systems are depicted in figure 9;

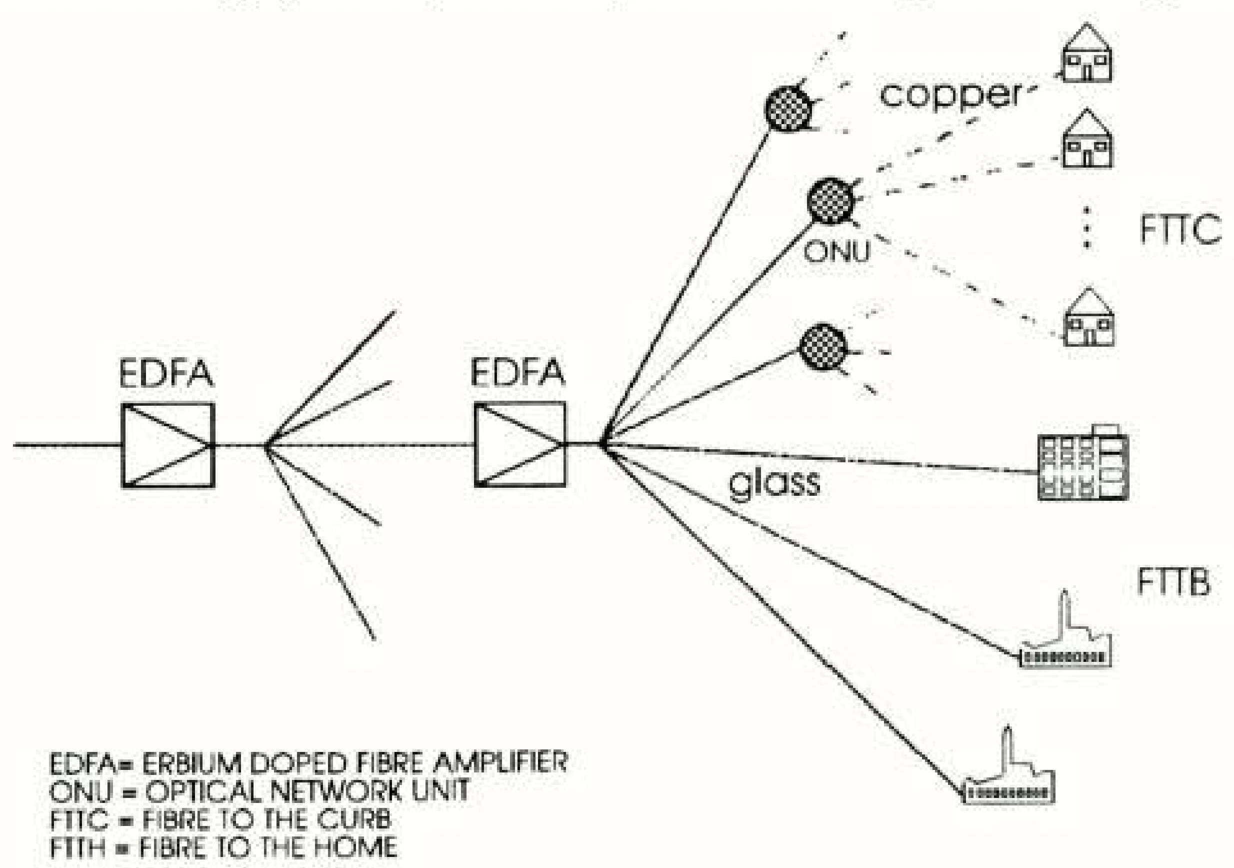


Figure 9. *Fibre to the curb and fibre to the building in local networks.*

the systems concentrate on the distribution of broadcast signals and show a star configuration. Starting from the central office the signal is carried to the residential area by means of fibre. On its way the signal is split many times, and in order to compensate for the splitting losses before each splitter an EDFA (see Section 3) is placed. In the last splitting point towards the subscriber a choice has to be made, whether to connect the subscriber with fibre to the home (FTTH) or to bridge the last link to the home by means of copper (FTTC). In the latter case the signal has to be converted from the optical to the electrical domain in a cabinet on the curb. This is accomplished in the ONU (optical network unit). In general, private subscribers are candidates for FTTC, whereas apartment buildings and business subscribers are candidates for FTTH.

VI Conclusions

It is concluded that optical fibre is the ultimate transmission medium for the universal infrastructure of the electronic highway, although economic reasons can be in favour of copper for specific parts of the local network.

At the long haul level the demand for large transmission capacity can be met by the use of wavelength division multiplexing, optical time domain multiplexing and soliton transmission.

As far as the trunk and access level concern the demand for capacity is somewhat relaxed, but more flexibility is required from the network. This is met by the exploration of wavelength multiplexing, wavelength routing and switching.

At local level miscellaneous network architectures and transmission media are to be considered. The choice being determined by the services required by the subscriber and the costs. This leads to different concepts such as copper networks, fibre to the home or hybrid fibre/copper solutions.

It will take many years before the infrastructure presented here will be implemented to its full extent, and one may wonder whether this will ever be the case.

References

[1] W. van Etten and J. vander Plaats, *Fundamentals of OpticalFiber Communications,* New York: Prentice Hall, 1991.

[2] W. van Etten, "Fundamentals of wavelength division multiplexing" *Tijdschrift vanhet Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap (NERG)* part 61, nr. 2 1996, pp. 73-80.

[3] A. Yariv, *Optical Electronics*, fourth edition, Philadelphia: Saunders College Publishing, 1991.

[4] B. Jopson and A. Gnauk, "Dispersion compensation for opticalfiber systems", *IEEE Communication Magazine* Vol. 33, June '95, pp. 96-102.

[5] A. Hasegawa, *Optical Solitons in Fibers*, second edition, Berlin: Springer, 1990.

[6] R. Händel, M. Huber and S. Schröder, *ATM Networks: Concepts, Protocols, Applications,* Reading: Addison-Wesley, 1994.

[7] P. Green, Jr., *Fiber Optic Networks*, New York: Prentice Hall, 1993.

[8] W. Reeves, *Subscriber Loop Signaling and Transmission Handbook*, New York: IEEE Press, 1995.

Voordracht gehouden tijdens de 444e werkvergadering

IN MEMORIAM PROF DR IR J.J. GELUK



Op 16 juli 1996 overleed ons erelid de Heer Geluk.

Het past ons genootschap om terug te blikken op zijn werkzame periode van 45 jaar bij de omroep en van 15 jaar als buitengewoon hoogleraar Omroeptechniek. Zijn bijdragen zijn voor de ontwikkelingen van de kennis op acoustisch en omroeptechnisch gebied van grote betekenis.

In 1935 trad de Heer Geluk in dienst bij de AVRO als HTS-er en wel bij voorkeur vanwege zijn belangstelling voor de wetenschappelijke kant van de physica. Tijdens zijn dienstverband kreeg hij dan ook alle medewerking om aan de TH te Delft zijn natuurkundestudie te vervolgen en in 1941 af te ronden.

Ook de muziek had zijn belangstelling. Al voor WO II bij de AVRO - sommigen herinneren zich dat nog - waren er wekelijks uitzendingen van het kinderkoor van Jacob Hamel. Vaak met "Oom Jan Geluk aan de vleugel".

De problematiek van de bouwakoustiek bij de nieuw te bouwen studio's was voer voor zijn interesse en musikaliteit. Zijn dissertatie "galm en geluidabsorptie" bij zijn promotie in 1946 handelde over eigenschappen en meetmethoden van materialen, die vervolgens in dergelijke ruimten met succes kunnen worden toegepast.
Daarbij viel hem ook een prijs van het wetenschappelijk Vederfonds te beurt.

Jan's loopbaan bij de omroep wordt gekenmerkt door bezieling, doorzetting en overtuigingskracht om technische innovaties te bedenken en ook uitgevoerd te krijgen. Ook bij de omroep een zeer gewenste eigenschap.

Als voorbeeld: Om een beter inzicht te krijgen in de factoren bepalend voor de zaalacoustiek ten behoeve van een nieuw te bouwen VARA-studio voor het Radio Filharmonisch Orkest werd een orkestopname georganiseerd in open lucht op de heide.

Dit om het uitgangspunt voor berekeningen (het effect van het geheel ontbreken van acoustiek) vast te leggen. Van deze operatie die schuilging onder de naam "Heideroosje" bestaat zelfs ook een grammofoonplaat.

Het succes van de stereo grammofoonplaat was een dringende aanleiding om deze mogelijkheid ook voor de geluidsomroep te creëren.

Al gedurende en direct na WOII werd veel werk verzet om een ruimtelijke weergave d.m.v. stereofonie uitzendingen van orkestoptredens via de radio in de huiskamer te realiseren. Daarvoor werd een zg kunsthoofd van hout gebouwd waarin zich op de plaats van de oren microfoons bevinden.

In 1946 worden daarmee de eerste proefuitzendingen gedaan via de twee toenmalige MG-zenders, die elk een microfoonsignaal overbrengen naar de huiskamer, waar ook weer twee ontvangers deze microfoonsignalen weergeven.
De resultaten daarvan waren aanleiding om op het laboratorium van de toenmalige NRU o.l.v Jan Geluk een transmissiesysteem te ontwikkelen en uit te voeren, waarmee beide geluidskanalen gelijktijdig over een FM-zender werden overgebracht en omgekeerd door een FM-ontvanger gescheiden werden weergegeven in de huiskamer.
Deze experimenten uit de 50 en 60-er jaren geschiedden in samenwerking met PTT en de industrie.
Door deelneming aan overleg binnen de Technische Commissie van de EBU (de Europese Omroeporganisatie) namens de omroep in Nederland vonden deze werkzaamheden en de resultaten ervan ook internationale erkenning en standaardisatie. Uiteraard ook publicatie.

Het resultaat is dat het zo ontwikkelde systeem thans algemeen en wereldwijd wordt toegepast.

Er zijn ook andere onderwerpen te vermelden, zoals het nationale en internationale overleg ter vastlegging van het huidige PAL-kleurentelevisiesysteem, de uitwisselingsformaten voor beeld- en geluidsdragers, de golflengteplannings conferenties de radioverkeersinformatie RDS enz enz. Over deze werkzaamheden volgden regelmatig publicaties in de vakpers.

Vanwege deze veelzijdige kwaliteiten werd Jan Geluk in 1965 benoemd tot Buitengewoon Hoogleraar Omroeptechniek. Zijn inauguratierede luidde "Vijf seconden na nu!"

Jan Geluk was een erudiet op wetenschappelijk gebied en zijn muzikale liefhebberijen gingen daarmee hand in hand. Dit nu waren eigenschappen die hem zo succesvol maakte bij toepassingen die zo specifiek op het terrein van de omroep lagen.

Naast zijn bijdragen aan vakgerichte verenigingen zoals het NERG, het NAG (Nederlands Acoustisch Genootschap), de AES (het Acoustical and Electrical Society) nam hij ook actief deel aan maatschappelijke organisaties de Maatschappij van Handel en Nijverheid, enz.

De werkzame periode van Jan' carriere waarbij hij zijn capaciteiten kon inzetten was succesvol en buitengewoon vruchtbaar voor de omroep en voor de wetenschap. Vele van zijn leerlingen, medewerkers en collega's hebben daaraan kennis en inzicht ontleend, maar ook genoegen beleefd.

Tot besluit.

Wij wensen zijn echtgenote en verdere verwanten toe, dat de droevige schaduwen, die de ziekte en het overlijden van de Heer Geluk begeleidden in het licht van zijn verdiensten zullen vervagen.

S.J.Noteboom

29 juli 1996

STUDIEREIS ITALIE

IEEE Student Branch Eindhoven

De IEEE Student Branch Eindhoven is een actieve studievereniging van de faculteit Elektrotechniek, TUE. Gedurende het gehele jaar organiseren wij activiteiten voor onze leden, een van de belangrijkste hiervan is de studiereis. Deze vindt elk jaar plaats en wordt meestal gecombineerd met een bezoek aan de IEEE Student Paper Contest (SPC). Dit jaar werd de SPC gehouden in Bari, Italië. Eind september 1995 begon een commissie van de Student Branch met de organisatie van een reis naar Italië van 2 weken. Dankzij de contacten in Italië en de steun van het bedrijfsleven, de TUE en het NERG was de commissie in staat om een aantrekelijke studiereis te realiseren. Op 5 mei vertrok dan ook een groep van 11 studenten naar Italië.

Turijn

Onze eerste dag in Italië begon in Turijn. Wij waren daar voor een bezoek aan CSELT. Dit is een onderzoeksinstituut op het gebied van de telecommunicatie. Gezien de grote hoeveelheid mobiele telefoons die wij in Italië gezien hebben, verbaasde het ons niet dat dit een belangrijk onderzoeksgebied van CSELT vormt. Tijdens de excursie hebben we informatie gekregen over lopende onderzoeken op het gebied van GSM, DECT en de gevolgens van het gebruik van mobiele telefoons op de hersenen. Vooral dit laatste was bijzonder interessant. Bij het onderzoek wordt de veldsterkte gemeten in een model van het hoofd gevuld met een suikeroplossing. Mobiele telefoons van verschillende fabrikanten werden bij het model geplaatst en aan een test onderworpen. De meetgegevens worden gecombineerd met de informatie van een MRI-scan en de absorptie mate van verschillend hersenweefsel. De korte en lange termijn invloeden van de veldsterkte op de hersencelen wordt door biologen onderzocht, hetgeen niet bij CSELT wordt uitgevoerd. Uitspraken over de mogelijke schadelijke gevolgen van het gebruik van mobiele telefoons hebben we dan ook niet kunnen loskrijgen.

Milaan

Na het bezoek aan CSELT reisden we verder voor een 2-daags bezoek aan Milaan. In Milaan werden we hartelijk ontvangen door de heer Gandelli van de IEEE Sectie Noord-Italië. De heer Gandelli heeft bezoeken voor ons geregeld bij CESI, CISE en ATM. Maar eerst hebben we een bezoek gebracht aan het wetenschapsmuseum in Milaan, genaamd 'Museo nazionale della scienza e della technica Leonardo da Vinci'. In het museum bevinden zich werktekeningen van Leonardo da Vinci. Een groot aantal modellen die hier tentoongesteld staan, zijn gereconstrueerd aan de hand van deze tekeningen. Naast het werk van Leonardo da Vinci werd er veel aandacht geschonken aan de telecommunicatie en aan de grondleggers van de telecommunicatie, waaronder natuurlijk Marconi. Deze tentoonstelling bood een fascinerend overzicht van telecommunicatie vanaf het prille begin tot en met de 'high tech' van nu.

Na het museum was het tijd voor een excursie naar CESI. Deze excursie bood ons een vogelvlucht over de top van het Italiaanse onderzoek op het gebied van energietechniek. We kregen onderzoek en ontwikkeling te zienop het vlak van sterkstrom en robotica. Door middel van een specialeinstallatie is CESI in staat om de specificaties van apparatuur en schakelaars op een niet-destructieve wijze te meten. De afdeling robotica bood ons een blik op de toepassing van dit vakgebied binnen de energietechniek. Vooral de robot voor inspectie van hoogspanningskabels die zich geheel zelfstandig kan voortbewegen langs deze kabels bleek een vernuftig apparaat te zijn. De robot was voorzien van een bepantsering, omdat de technici bang waren dat de robot als schietschijf zou worden gebruikt.

De tweede dag werd gebruikt voor een excursie naar CISE. Dit is een onderzoekslaboratorium dat oorspronkelijk als kenniscentrum voor kernenergie was opgezet. Gezien de grote weerstand binnen Italië tegen kernenergie kopen de Italianen nu hun kernenergie in Frankrijk in plaats van deze zelf op te wekken. Gelukkig vindt er meer onderzoek plaats binnen CISE. Bij de rondleiding hebben we een meetopstelling voor luchtverontreiniging bekeken. Deze opstelling is in staat om met behulp van een laser de verontreiniging te meten. Binnen CISE vindt er ook onderzoek en produktie van hoogwaardige zonnecellen plaats. Deze zonnecellen hebben een hoog rendement en worden vooral in de ruimtevaart gebruikt. Na een aantal kleine projecten wil CISE hun markt uitbreiden naar de grotere satellieten.

Als laatste excursie in Milaan hebben we het controlecentrum van ATM bezocht. ATM is het openbaar vervoersbedrijf in Milaan. In het controlecentrum worden alle bussen, trolleys, trams en metrolijnen bewaakt. Per dag vervoert ATM ongeveer 2 miljoen mensen op 120 lijnen. Het controlecentrum neemt een belangrijke plaats in bij het bewaken van de kwaliteit. Vanuit het centrum worden alle vervoermiddelen automatisch gevolgd en

kunnen chauffeurs op de hoogte worden gebracht van omleidingen, ongevallen en andere belangrijke informatie. De wachtenden bij de bushalte kunnen met behulp van mededelingsborden worden geïnformeerd. Het communicatienetwerk voor de realisatie van deze informatievoorziening is behoorlijk indrukwekkend.
Gedurende ons verblijf in Milaan zijn we door de heer Gandelli op de hoogte gebracht van de Italiaanse keuekn. Bovendien zijn we rondgeleid in de universiteit van Milaan die een indrukwekkende historie heeft.

Parma
Na het bezoek aan Milaan ging de reisgroep verder voor een bezoek aan Parma. In Parma werden we ontvangen door de ·plaatselijke Student Branch. Deze had twee excursies en een bezoek aan de universiteit voor ons in petto. Parma staat vooral bekend om z'n voedselindustrie. Elektrotechnische bedrijven zijn in deze regio nauwelijks te vinden. De eerste excursie vond plaats naar Datasystems. D it is een softwarehouse dat zich richt op de telecommunicatiemarkt. Binnen Datasystems maken ze gebruik van een nieuwe ontwikkelmethode genaamd RAD, Rapid Application Development.
Hiermee kunnen razend snel applicaties worden ontwikkeld en hoeft de systeemontwerper nauwelijks te programmeren.
De tweede excursie betrof een bezoek aan SELTA. Dit is een bedrijf dat zich begeeft op de markt van communicatie over hoogspanningslijnen. Deze markt stelt natuurlijk zeer speciale eisen op het gebied van storingen, veiligheid en betrouwbaarheid. De communicatie over hoogspanningslijnen wordt nu nog alleen voor intern gebruik van energiemaatschappijen toegepast. Natuurlijk voor spraak, maar ook voor de bewaking van de energievoorziening en de centrales. De capaciteit is dan ook slechts 30 lijnen per hoogspanningskabel. Voor de toekomst verwacht men echter een sterke stijging.
Gedurende onze drie dagen in Parma hebben we ook een bezoek aan de universiteit gebracht. Deze is zeer jong en vrij actief. Veel van de jonge mensen die worden opgeleid tot elektrotechnisch ingenieur moeten echter naar het noorden van Italië verhuizen voor het vinden van een baan. De industrie rondom Parma blijkt meer behoefte te hebben aan voedseldeskundigen, dan aan elektrotechnici.

Florence
Na een leerzaam bezoek aan Parma was het tijd voor cultuur. Een bezoek aan Florence bood daarvoor genoeg gelegenheid. Het is een indrukwekkende stad met veel historie. Na ons een dag als volleerd toerist te hebben gedragen gingen we verder voor een bezoek aan Rome.

Rome
Bij de organisatie van de studiereis bleek het niet moeilijk te zijn om contact te leggen met de Student Branch in Rome. Deze SB bestaat namelijk uit een groep actieve en enthousiaste mensen. Naast natuurlijk een rondleiding door Rome hebben we samen met de SB Rome een bezoek gebracht aan het bedrijf Eurosolare. Dit is één van de grootste fabrikanten van zonnecellen in Europa. De zonnecellen worden in massaproduktie vervaardigd en worden vooral in zonnepanelen op aarde gebruikt. Bijvoorbeeld op het dak van een huis. Het was leuk om deze produktiefaciliteit te vergelijken met het laboratorium van CISE. Bij Eurosolare nemen ze gewoon een grote plak silicium, verontreinigen die wat, brengen een beschremend laagje aan en plaatsen de elektroden. Stofvrije ruimten hebben we niet gezien. Eurosolare beschikt ook over een relatief groot onderzoekslaboratorium voor een kleine groep medewerkers.

Bari
Na afscheid te hebben genomen van de SB Rome ging de groep weer verder naar Bari. In Bari werd van 15 tot en met 17 mei de MeleCon gehouden. Dit is een grote conferentie op elektrotechnisch gebied. Op de MeleCon hebben we enkele lezingen bijgewoond. De reden van ons bezoek aan de MeleCon was echter de Student Paper Contest (SPC) van IEEE Region 8 die tijdens de conferentie werd gehouden. De SPC betreft de verkiezing van het beste stage- of afstudeerverslag binnen Region 8 (Europa, Afrika en een deel van Azië). Ook de TUE, faculteit Elektrotechniek, had een deelnemer afgevaardigd. Marc Geilen gaf een zeer interessante lezing op het gebied van signaalbewerking. Helaas gaf de jury meer voorkeur aan praktische onderwerpen en viel Marc niet in de prijzen. Aan het eind van de conferentie werden we uitgenodigd om deel te nemen aan het galadiner.

Einde van de reis
Na Bari begon de terugreis naar Nederland. Vanwege de grote afstand was er een overnachting in Milaan en duurde de reis naar Nederland twee dagen. We kunnen terugkijken op een interessante, leerzame en leuke studiereis. Ik hoop dat de Student Branch Eindhoven de traditie kan voortzetten en elk jaar een groep studenten de gelegenheid kan bieden om eens buiten de nederlandse grens te kijken. Mede door de bijdrage van het NERG werd deze reis mogelijk gemaakt. Namens de commissie, alle deelnemers en de Student Branch Eindhoven wil ik hiervoor dan ook mijn dank uitspreken

Marco Krom,
Voorzitter reiscommissie TICKET

UITREIKING VEDERPRIJZEN 1995

Op 29 mei 1996 werden namens het Wetenschappelijk Radiofonds Veder twee prijzen toegekend voor bijzondere bijdragen, geleverd in 1995, aan de voortgang van de radiowetenschap en de hoogfrequente technieken in Nederland.
De considerans werd hierbij uitgesproken door Ir. L.A.A.M. Coolen.
De prijzen werden daarna uitgereikt door Mevrouw F. Kosters, een achterkleindochter van de oprichter van het WERA fonds Veder.



Ir. L.A.A.M. Coolen

Considerans bij de Vederprijs 1995, toegekend aan dr.ir. G.A.J. van Dooren.

Verstrooiing van radiogolven door de natuurlijke en bebouwde omgeving is een verschijnsel dat fundamenteel is voor de modellering van voortplanting van radiogolven in moderne radiosystemen. Bij de plaatsing van kleine grondstations voor satellietcommunicatie (VSAT's) en van ontvangantennes voor televisieomroep via satellieten kan de afschermende werking van obstakels zowel een storende als ontvangstverbeterende invloed hebben.
Van Dooren is het onderzoek in de modellering van verstrooiing begonnen met deze toepassing als achtergrond. Hij heeft de methodiek ontwikkeld om met gebruikmaking van z.g. "ray tracing" en de "Uniform Theory of Diffraction" (UTD) de effecten van verstrooiende randen efficient te berekenen.
De modellering is volledig 3-dimensionaal en rekentechnisch voldoende efficiënt om praktisch bruikbaar te zijn voor toepassing in systeem-berekeningen. Om dit te bereiken ontwikkelde Van Dooren een "ray tracing" algorithme waarmee voor een blok van willekeurige vorm zowel de reflecties als de diffractiestralen van randen en hoeken bepaald worden. Door meerdere van dergelijke blokken op en aan elkaar te stapelen, zoals wij allen in onze jeugd deden met de blokkendoos, kunnen bouwwerken van zeer uiteenlopende vorm nauwkeurig gesimuleerd worden.
Gaande het onderzoek is gebleken dat zijn methode zeer goed bruikbaar is voor toepassing in vraagstukken betreffende mobiele communicatie; het uiteindelijk ontwikkelde software pakket is speciaal op deze toepassing gericht. Met behulp van dit pakket kan een volledige karakterisering gegeven worden van het mobiele radiokanaal als de bebouwde omgeving gegeven is (bijv. als CAD database van de gebouwen).
Laboratoriummetingen met modelobstakels, uitgevoerd op een frequentie van 60 GHz hebben de eerste experimentele verificatie ter wereld opgeleverd van de nauwkeurigheid van de UTD benadering van diffractie aan randen en hoeken, zowel voor geleide als voor diëlektrische oppervlakken.

Inmiddels is na ca. twee jaar pas goed duidelijk geworden welke prestatie Van Dooren heeft geleverd met dit werk. Nog steeds is het software pakket toonaangevend in de wereld. Licenties zijn gegeven aan de organisaties ESA en INMARSAT en een software bedrijf. Laatstgenoemde ontwikkelt een professioneel pakket met algorithmes van Van Dooren als "engine".
Verificatiemetingen in het veld hebben de potentie van de algorithmen bewezen voor de toepassing in plannings-"tools" voor mobiele radiosystemen.
Met ESA en KPN Research is sinds 1993 verder onderzoek gaande dat voortbouwt op het onderzoek van Van Dooren. Met de firma Ericsson is eveneens een langdurige samenwerking gestart om dit onderzoekgebied verder te bewerken

Hieruit moge blijken dat het werk van Van Dooren een belangrijke impuls heeft gegeven aan de ontginning van een onderzoekgebied dat hoogst relevant is voor de ontwikkeling van moderne radiosystemen.

Considerans bij de Vederprijs 1995, toegekend aan dr.ir. A. Bos.

Begin jaren'80 werd de Nederlandse astronomische gemeenschap als partner betrokken bij de bouw van de JCMT (James Clark Maxwell Telescope) die op de top van een hoge berg op Hawaii in 1988 in bedrijf werd gesteld. Voor deze 15 meter diameter radiotelescoop, de grootste en nauwkeurigste ter wereld op submillimetergolflengten, was een "eerste klasse" spectrograaf nodig. Gezien het golflengte bereik, 1 millimeter tot een fractie van een millimeter, werd er voorgesteld een spectrograaf te ontwerpen met 2000 kanalen en een bandbreedte van 2 GHz. De spectrograaf moest zowel in auto- als in kruis correlation mode kunnen werken.

Bos zocht tevergeefs naar een adequate bouwsteen in de vorm van een correlator chip. Hij moest uiteindelijk beslissen die chip zelf te ontwikkelen. Hij spendeerde

circa een jaar aan de ontwikkeling van zijn correlator chip die later in de radioastronomische wereld bekend zou worden als de "Bos chip". Hij bewandelde de hele weg van specificatie tot ontwerp, inclusief simulaties en het test arsenaal helemaal alleen. Het maken van de correlator chip werd uiteraard uitbesteed aan een chip bedrijf.

De zodoende verkregen correlator chip voldeed direct aan de specificatie. De correlator chip werd in 1.5 micron CMOS technologie gemaakt. Het werkt op een klokfrequentie van 64 MHz in auto- en kruis 2*2 bit modes. Het bevat 16 correlatie kanalen met 22 bit "on-chip" integratie. Met deze chip kan men na Fourier transformatie het spectrum van de waargenomen signalen reconstrueren en eveneens de zichtbaarheidsfunctie van signalen ontvangen door interferometers zoals toegepast in antenne synthese. Dit leidt tot kaarten met hoge ruimte resolutie van gebieden aan het heelal. Hiermee werd onder leiding van Bos de grote JCMT correlator ontworpen, gebouwd, getest en in Hawaiï geïnstalleerd. Voor deze correlator werden 2000 chips gebruikt.

Een prototype spectrograaf met 1000 kanalen en een bandbreedte van 40 MHz werd voor de Dwingeloo telescoop gemaakt. Dit heeft ertoe geleid dat in de afgelopen jaren met deze oude radiotelescoop nog nieuwe waarnemingen en ontdekkingen gedaan konden worden. Zo werden in 1995 nog twee tot dan toe onbekende grote melkwegstelsels in de nabijheid van de onze ontdekt met de Dwingeloo telescoop en de digitale spectrograaf van Bos.

Bos maakte gebruik van "zijn" correlator chip om de eerder genoemde spectrograaf voor de JCMT in Hawaiï met een team in Dwingeloo te bouwen. De spectrograaf werd door Bos en zijn team op de 4200 m hoge berg geïnstalleerd, getest en in bedrijf gesteld. Dit gebeurde in 1991. Sindsdien heeft de spectrograaf continu en zonder problemen de signalen die door de 15 meter antenne werden ontvangen, vertaald in radiospectra. Hiermee is in de kennis van het heelal weer nieuwe informatie toegevoegd.

De "Bos chip" trok snel de aandacht van de radioastronomische wereld zowel in Europa als in Amerika. Het was duidelijk dat er toentertijd geen betere chip was. Dit heeft er toe geleid dat een aantal gerenommeerde sterrenwachten op de hele wereld de chip in hun ontvangers gingen toepassen. Zo werden duizenden "Bos chips" in de VS, Duitsland, Frankrijk, Spanje, Italië en Zweden voor een soortgelijke toepassing gebruikt.

In de jaren '90 werd Bos betrokken bij een nieuw project in samenwerkingsverband met NASA en MIT. Dankzij zijn kennis en ervaring kon hij bijdragen aan de definitie en later het testen van een nieuwe, nog krachtiger correlator chip. Met deze chip als bouwsteen worden thans door verschillende instituten op de wereld nieuwe data processor/spectrografen ontworpen.



Overhandiging van de prijzen door Mevrouw F. Kosters aan dr.ir. G.A.J. van Dooren (boven) en dr.ir. A. Bos (onder)



UIT HET NERG

Verslag van de ALV

Op 20 maart jl. is, voorafgaand aan de werkvergadering over het onderzoeksprogramma COBRA, de jaarlijkse Algemene Ledenvergadering voor de leden van het NERG gehouden. Deze vergadering werd bijgewoond door 24 leden, een aanzienlijk kleiner aantal dan bij de ledenvergadering van vorig jaar. Daarnaast was vrijwel het volledige bestuur vertegenwoordigd.
Een belangrijk onderdeel van de vergadering was de presentatie van de nieuwe begroting. Het bestuur is erin geslaagd een vrijwel sluitende begroting op te stellen. Dit is mogelijk geworden door enerzijds circa
fl. 8000,- te besparen aan de uitgavenkant, anderzijds door de contributieverhoging waartoe in 1995 besloten is.
Na afloop van de ledenvergadering werd de CD-ROM "75 jaar NERG" door de makers gepresenteerd.

Hieronder vindt U het volledige verslag van de Algemene Ledenvergadering. Dit verslag is door het bestuur voor publicatie goedgekeurd. In maart 1997 zal het in de volgende ledenvergadering aan de leden ter goedkeuring voorgelegd worden.

Gerard de Groot
Secretaris.

Verslag van de

Algemene Ledenvergadering

dd. 20 maart 1996

Aanwezigen:

Leden: mevrouw dr.ir. W.M.C.J. van Overveld, de heren ir. R.A. Kasper, ir. M. Steffelaar, dr.ir. W. Herstel, ir. W.F.M. Groenewegen, ir. J. van Egmond, ir. P.G.M. Baltus, ir. F. de Jager, prof.ir. O.W. Memelink, ing. A. de Lange, ir. P.J.T. Bruinsma, ir. R.P. Koppe, W.A.J.M. Zwijsen, ir. J. Dijk, ing. A.C.A. van der Vorst, dr. ir. M.H.A.J. Herben, ir. R.F. Wassenaar, ir. J.C. van der Plaats, ir. R.F.A. Mugie, ir. J. Noordanus, ing. J.J.M. Maas, ing. A.F.A. Hagendoorn, R.W. Budding, prof.ir. G.D. Khoe, ir. J.A. Grosjean, A. van der Zwan (administrateur).

Bestuur: de heren ir. W. van der Bijl, prof.dr.ir. W.M.G. van Bokhoven (aftredend), prof.ir. J.H. Geels (voorzitter), ir. G.J. de Groot (verslag), ir. C.Th. Koole, ir. O.B.P. Rikkert de Koe, ir. P.R.J.M. Smits, ing. A.A. Spanjersberg, G. van der Schouw (aantredend).

1. Opening

Om 9.35 uur opent de voorzitter de vergadering en bedankt de Technische Universiteit Eindhoven voor de gastvrijheid. Hij memoreert dat twee ereleden van het NERG, prof. Bordewijk en prof. Geluk, dit jaar vijftig jaar lid zijn van het NERG.

De voorzitter vraagt enige ogenblikken stilte wegens het overlijden van de heren ir. J.A. Brakel, Ktz., R.H. Kerkhoven, ir. B.G. Hooghoudt, ir. J.E. Philips, ir. M. Staal, ir. M.J. Vermeijden, ir. Jhr. C.P. von Weiler en ir. D.J.C. Poortvliet.

De secretaris deelt mee dat er inzake deze vergadering, buiten het verslag van de Kascontrolecommissie, geen ingekomen stukken zijn.

2, Verslag van de vorige Algemene Ledenvergadering d.d. 29 maart 1995.

Het verslag wordt pagina voor pagina doorgenomen. Het wordt zonder wijzigingen vastgesteld met dank aan de secretaris.

Naar aanleiding van het verslag wordt gevraagd of de zaak met EUREL afgehandeld is. De voorzitter antwoordt dat het lidmaatschap per 31 december 1995 is opgezegd. De opzegging is tijdens de General Assembly van EUREL in september genoemd, zonder de redenen te vermelden. Overigens heeft ook het Deense IDA opgezegd.

3. Jaarverslag van het NERG en aanverwante organisaties over 1995.

Het
algemene deel van het jaarverslag wordt pagina voor pagina doorgenomen, waarbij de voorzitter op enkele punten een mondelinge toelichting geeft. Vervolgens wordt het financiële deel van het verslag doorgenomen. Naar aanleiding van beide verslagen worden geen vragen gesteld.

De voorzitter leest het verslag voor van de kascontrole commissie. Daarin wordt geconcludeerd dat de financiële activa aanwezig zijn en dat de boekhouding op correcte wijze gevoerd is. Hierna verleent de vergadering de bestuursleden decharge van het in 1995 gevoerde beleid.

4. Jaarplan van het NERG en aanverwante organisaties voor 1996.

Het jaarplan wordt door de voorzitter gepresenteerd. In grote lijnen wordt het beleid van de afgelopen jaren voortgezet. Er zullen in 1996 circa twaalf werkvergaderingen georganiseerd worden, waarvan de werkvergaderingen in de eerste helft van het jaar nog in het teken zullen staan van het 75-jarig jubileum. Voor Het Tijdschrift zal een media-exploitatiebureau gezocht worden voor acquisitie van op onze leden gerichte advertenties.
Verder zal in 1996 een Agreement of International Cooperation gesloten worden met IEEE/Benelux, waarbij o.m. een wederzijdse reductie op de basiscontributie verleend zal worden.

Vervolgens presenteert de penningmeester de begroting voor 1996. Hij vermeldt dat onder het kopje 'Dotatie FBAC' het bedrag 42800,- vervangen moet worden door 4800,-. Het bestuur is er in geslaagd circa fl. 16.000,- te bezuinigen, waardoor de begroting weer vrijwel in evenwicht is. Deze ombuiging is gerealiseerd door bezuinigingen en verhoging van de contributie. In de begroting is niet geanticipeerd op de verwachte ledenwinst.

Naar aanleiding van de begroting vraagt dhr. Groenewegen of er voor het Fonds Bijzondere Activiteiten (FBAC) ook een staatje met verwachte inkomsten en uitgaven opgesteld kan worden. De penningmeester antwoordt dat, gezien de aard van het fonds, de inkomsten voor dit fonds niet te voorspellen zijn, en daarom een begroting maar betrekkelijke waarde heeft.

5. Verkiezingen

5.1 Bij acclamatie worden de volgende bestuurswijzigingen goedgekeurd:

- Statutair aftredend en herkiesbaar zijn: prof. ir. J.H. Geels, ir. O.B.P. Rikkert de Koe, ir. W. van der Bijl en prof.dr.ir. W.M.G. van Bokhoven. De heer van Bokhoven kan zich niet langer beschikbaar stellen.
- Voorgesteld voor herbenoeming worden: prof. ir. J.H. Geels (voorzitter), ir. O.B.P. Rikkert de Koe en ir. W. van der Bijl.
- Voorgesteld voor benoeming wordt: dhr. G. van der Schouw.

De voorzitter bedankt prof. van Bokhoven voor zijn enorme inzet als voorzitter van de Onderwijscommissie, het SVEN-fonds NERG en als lid van de Jubileumcommissie.
Voorts deelt de voorzitter mee dat hij bij zijn aantreden toegezegd heeft om twee tot vier jaar voorzitter van het NERG te zijn. Hij verwacht dat hij volgend jaar zal terugtreden en zal stappen ondernemen een geschikte opvolger te zoeken.

5.2 De heren ir. P.B. Hesdahl en ir. A. van Schelven worden gekozen in de Kascommissie voor het boekjaar 1996 alsmede de plaatsvervangende leden ir. Chr.H.M. Clemens en ir. H.M. Schuit.

5.3 De ALV herbenoemt ir. W.J. Holst en Chr.H.M. Clemens (statutair aftredend en herkiesbaar) in de Ballotagecommissie.

Tot slot vraagt de voorzitter in de ledenvergadering aandacht voor de Redactiecommissie. Hoewel deze commissie door het bestuur benoemd wordt is het passend in deze Algemene Ledenvergadering stil te staan bij het afscheid van mevrouw van Overveld van deze commissie. De voorzitter bedankt haar voor het vele werk dat zij de afgelopen vier jaar in deze commissie verricht heeft en geeft de gelegenheid aan ing. Spanjersberg om haar toe te spreken en een blijk van waardering van het NERG te overhandigen.

6. Presentatie van de jubileum CD-ROM "75 jaar NERG".

De voorzitter deelt mee dat na de vergadering de presentatie van de jubileum CD-ROM "75 jaar NERG" zal plaats vinden. De jubileumcommissie heeft er terecht voor gekozen een CD-ROM uit te geven in plaats van een herdenkingsboek. Op deze wijze is de commissie er in geslaagd het materiaal op een aantrekkelijker wijze te presenteren.

7. Rondvraag.

Bij de rondvraag vraagt de voorzitter aandacht voor het feit dat er met het GIR (Genootschap van PTT Ingenieurs) onderhandeld wordt over de overname van het lidmaatschap van FITCE, een Europese organisatie van telecommunicatie ingenieurs. Het GIR wil zichzelf

opheffen en aansluiting zoeken bij het NERG of KIvI voor de FITCE-vertegenwoordiging.

Verder worden tijdens de rondvraag geen vragen gesteld.

8. Sluiting

De voorzitter sluit de vergadering om 10.25 uur.

Gezocht

Een of meer enthousiaste NERG-leden die energie willen steken in het verder ontwikkelen van de

NERG World Wide Web site.

Werkzaamheden zijn het verder ontwikkelen van het informatie-aanbod, het onderhouden van de informatie en het aanbrengen van meer interactieve diensten voor de NERG-leden.

Interesse? Neem contact op met de secretaris, Gerard de Groot: gdegroot@bart.nl

Sinds kort is een eerste aanzet van het NERG op Internet te vinden op:
http://www.nerg.nl

Gezocht

Een NERG-lid dat tijd beschikbaar heeft voor het ontwikkelen van een nieuw leden-administratiesysteem voor het NERG. In dit systeem worden de adres- en contributiegegeven van alle leden en relaties van het NERG bijgehouden.

Het huidige systeem is gebaseerd op WP Office en is dringend aan vernieuwing toe. Het nieuwe systeem wordt bij voorkeur opgezet onder MS Office.

Leden die interesse hebben in deze uitdagende taak, kunnen contact opnemen met de secretaris.

U dient zelf de beschikking te hebben over een computer. Het NERG stelt de benodigde software beschikbaar.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden:

H. Freese	Esmoreitschouw 52	2726 KK Zoetermeer
ir. G.P. Vijverberg	Buster Keatonstraat 45	1325 CJ Almere

Nieuwe leden:

ir. T.H. ten Have	Vinkenburg 25	2135 BM Hoofddorp
P.van der Hulst	Noordewierweg 79	3812 DC Amersfoort
drs. R.F. Kusse	De Wickelaan 52	2265 DK leidschendam
ir. J.L. Manders	De Mandenmaker 2	5591 NS Heeze
ir. J. van Sinderen	Robert Stolzlaan 54	5654 RT Eindhoven
ir. H.J. Visser	Dedemsvaartweg 398 K	2545 AM 's-Gravenhage

Nieuwe adressen van leden:

ir. H.P.A. van den Boom	Jeneverbes 1	5063 EH Oisterwijk
ir. G.J. de Groot	Oostvlietstraat 32	2271 RK Voorburg
ir. G.M.J. Havermans	Rijnstraat 2	8226 LS Lelystad
A.C. Killestijn	Binnenweg 6, flat 119	2121 GX Bennebroek
ir. H. Kraaijenbrink	Parkzoom 191	2614 TD Delft
dr.ir. G.J.M. Krijnen	Eduard Verkadestraat 58	7558 TG Hengelo (OV)
ir. F. Mohring	Het Lange Land 17	2725 KZ Zoetermeer
dr.ir. P.P.L. Regtien	Julia Culpstraat 66	7558 JB Hengelo
ir. J. Smit	Voorveensweg 7	7664 VC Manderveen
ing. J.M.H. Wagemans	Pikkelblokstraat 6	3090 Overijse Belgium

Uit **'R & D IN EUROPA'**

Maandblad over programma's voor Onderzoek en Technologische Ontwikkeling, augustus 1996

Uitgegeven door EG - Liaison - Ministerie van Economische Zaken

Het nummer bevat informatie over inschrijvingen die worden voorbereid binnen het onderzoek- en ontwikkelingsbeleid van de Europese Gemeenschappen. Het betreft zowel geheel nieuwe, als reeds eerder opengestelde programma's. Doel van het publiceren van de voorinformatie is het attenderen van bedrijven en instellingen op relevante informatie voor het eigen beleid.

Telematica Toepassingen

Werkgebied: Het ontwikkelen van toepassingen van de informatie- en communicatietechnologieën (ITC) met de nadruk op inter-operabiliteit in de gehele Europese Unie op een aantal gebieden van algemeen belang

Budget: ca. 260 miljoen ECU (*f* 580 miljoen).

Verwachte oproep: 15 december 1996.

Verwachte sluitingsdatum: 15 maart 1997.

Verdere informatie: EG-Liaison organiseert in samenwerking met het Ministerie van Economische Zaken en de Europese Commissie op 7 november 1996 een voorlichtingsbijeenkomst over dit programma.
In parallelsessies voor Transport, Gezondheidszorg, Onderwijs, (Digitale) steden, Overheden en Language and Information Engineering zal op specifieke kanten van deze sectoren worden ingegaan.

ESPRIT

Werkgebied: Dit programma op het gebied van de informatietechnologie moet een bijdrage leveren aan het tot stand komen van de informatiemaatschappij. Door het meer betrekken van IT-gebruikers wordt getracht de concurrentiepositie van het gehele bedrijfsleven in Europa te verbeteren.

Budget: 300 miljoen ECU (ca. *f* 670 miljoen).

Verwachte oproep: 15 september 1996

Verwachte sluitingsdatum: 15 december 1996
15 november voor de eerste stap van tweestapsvoorstellen.

Het werkplan bevat de volgende onderwerpen:
- Software Technologies
- Technologies for Components and Subsystems
- Multimedia Systems
- Long Term Research
- Open Microprocessor Initiative
- High Performance Computing and Networking.
- Technologies for Business Processes
- Integration in Manufacturing

De Europese Commissie zal op 23 september 1996 een proposersday organiseren rond deze oproep.

Meer informatie bij EG-Liaison, tel. 070 - 346 72 00

PERSBERICHT

NEDERLANDS TELEWERK FORUM OPGERICHT

Tijdens een bijeenkomst van sponsors en participanten op 31 mei 1996 in Utrecht is het Nederlands Telewerk Forum definitief opgericht. De doelstelling van het NTF is het stimuleren van de invoering van telewerken in Nederland, ondeer meer door de voordelen van telewerken onder de aandacht te brengen van overheid, politiek, werkgevers en werknemers. Het NTF zal gehuisvest worden in het Media Plaza in Utrecht, kennis- en demonstratiecentrum voor toepassingen van de elektronische snelweg.

Met behulp van een databank en documentatiecentrum, alsmede publicaties, congressen, voorlichting, deelname aan vakbeurzen en andere evenementen wil het NTF de beschikbare kennis over telewerken overdragen. Daarnaast zal het NTF onderzoek naar de toepassingen en effecten van het telewerken laten doen.

Organisaties en individuele telewerkers kunnen lid worden van het NTF. Zij ontvangen dan de publicaties van het NTF en krijgen tevens toegang tot het documentatiecentrum, de databank en de evenementen, die door het NTF worden georganiseerd.

Telewerken is een instrument om de flexibiliteit van zowel werkgevers als werknemers te vergroten. Werknemers kunnen dankzij telewerken betaalde arbeid en privéleven betercombineren, waardoor arbeidsmotivatie en quality of life worden verhoogd. Voor werkgevers gelden verhoging van de produktiviteit, optimalisatie van de bedrijfsvoering en kostenbesparing als belangrijkste voordelen. Telewerken kan bovendien een bijdrage leveren aan de reductie van het woon-werkverkeer en aan vergroting van de arbeidsparticipatie.

Steeds meer bedrijven, instellingen en werknemers ontdekken de voordelen van telewerken. De invoering zou nog sneller kunnen verlopen, als de vooroordelen ten aanzien van telewerken bij werkgevers en werknemers worden weggenomen. De groei zal verder toenemen, wanneer er meer ervaring met telewerken wordt opgedaan, de bekendheid met deze vorm van werken toeneemt en de voordelen ervan zichtbaar worden.

De opkomst van telewerken staat niet op zichzelf, maar is mede een gevolg van de verdergaande computerisering en de toename van het aantal telematica-toepassingen, ook in de woonomgeving. Over twintig jaar zal zo'n driekwart van de beroepsbevolking zich met verwerking van informatie bezighouden. Ook de toenemende mondigheid van de werknemer, de individualisering en flexibilisering van arbeid drukken hun stempel op de arbeidsmarkt. Zij vergroten de behoefte aan op het individu toegesneden arbeidstijden en -locaties.
Telewerken heeft dus enorme potenties. Volgens een onderzoek van TNO komen er in ons land zo'n 1,3 miljoen banen voor telewerken in aanmerking. Momenteel zijn er in ons land naar schatting zo'n 80.000 werknemers, die een deel van hun werktijd telewerken. Een toename tot zo'n 400.000 telewerkers rond de eeuwwisseling wordt haalbaar geacht. Recente onderzoeken bevestigen die verwachtingen. Bovendien heeft een onderzoek van Moret Ernst & Young uitgewezen dat 56 procent van de bedrijven plannen heeft om binnen drie jaar met telewerken te beginnen.

Aan het NTF nemen momenteel de volgende bedrijven deel: Canon Benelux N.V., Cap Volmac B.V., Digital Equipment B.V., Gandalf Nederland B.V., Kommunikatie Service Nederland B.V., Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Overmars Organisatie Adviseurs, PTT Telecom B.V., Ricoh Office Systems Nederland B.V., Ronin Nederland B.V., Simac Techniek N.V., TAS Informatica B.V., TNO, Toshiba Information Systems Benelux B.V., Unisys Nederland N.V. en Vereniging VIFKA (bedrijfsorganisatie voor de informatie-, communicatie- en kantoortechnologiesector).

Cursus aankondigingen

PATO

- Mini-vermogenselektronica
  9 dinsdagochtenden van 3 september t/m 29 oktober 1996 in Eindhoven
- Signaalbewerking voor communicatie
  16-17 en 23-24 september 1996 in Delft
- Onzekerheidsrekening
  28-29-30 oktober 1996 in Delft
- Hardwarespecificatie met VHDL
  25, 31 oktober en 1, 4, 5 november 1996 in Delft
- Systeemidentificatie
  4,5,6 november 1996 in Delft
- Opto elektronica
  12,13,14 november 1996 in Eindhoven
- Elektro-magnetische compatibiliteit
  14,15,21,22,28,29 november 1996 in Eindhoven
- Beveiliging van transport- en distributienetten
  21,22 november 1996 in Eindhoven
- Digitale video
  25,26,27 november en 2,3 december 1996 in Delft

Contactadres: Stichting PATO,
Postbus 30424, 2500 GK Den Haag
tel: 070 36 44 957 fax: 070 35 62 722

TOPTECH STUDIES TU DELFT

Managementcursus Interactieve Telecomdiensten
10-daagse cursus, aanvang 14 november 1996.

Contactadres: Top Tech Studies, Postbus 612
2600 AP Delft
tel: 015-278 80 19 fax: 015-278 10 09

Conferenties

- IBC 96 : The world's electronic media event

RAI Amsterdam, 12 - 16 september 1996
Contactadres: IBC Office
Savoy Place, London WC2R OBL, UK
tel: +44 171 240 3839; fax: +44 171 240 8830
email: show@IBC.org.uk

- Dielectric Materials, Maesurements and Applications

The University of Bath, UK
23-26 september 1996
Contactadres: DMMA '96 Secretariat
Savoy Place, London WC2R OBL, UK
tel: +44 171 344 5477 / 5478
fax: +44 171 240 8830
email: conference @iee.org.uk

- Fourth IEEE Symposium on Communications and Vehicular Technology in the Benelux

University of Gent, Belgium. 7-8 oktober 1996
Contactadres: Prof. Marc Moenecleay
University of Gent
Sint Pietersnieuwstraat 41,
B-9000 GENT, BELGIUM
fax: +32 9 264 4295
email: Marc.Moeneclaey@Ici.rug.ac.be

- 6th Symposium of the Mission Systems Panel Advanced Architectures for Aerospace Mission Systems

AGARD (Advisory Group for Aerospace Research & Development)
14-17 oktober 1996 in Istanbul, Turkey
Contact: nationaal coördinator ir. L. Sombroek
tel: 020-5113 116

- 4e Colloque International sur

L'Intelligence dans les Réseaux (ICIN'96)
Bordeaux, France. 25-28 november 1996
Contactadres: Secrétariat Adera ICIN 96
BP 196-33608 PESSAC Cedex
tel: (33) 56 15 11 51; fax:: (33) 56 15 11 60
email: icin@ixl.u-bordeaux.fr

Calls for speakers

- Asia '97 Telecom (ITU)

9-14 june 1997 World Trade Centre, Singapore
fax: +41 22 730 64 44 (deadline 30 september '96)

- RADAR '97 (IEE)

14-16 oktober 1997, Edinburgh, UK
tel: +44 171 344 8425/5469;
fax: +44 171 240 8830
(deadline 13 december '96)

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

deel 61 nr.3 -1996

Inhoud

Druk: Drukkerij Van Ek, Driebergen